

**Retrospektive Studie zum Energiebedarf und Wachstum von  
privat gehaltenen Hundewelpen und Junghunden**

**von Carmen Klein (geb. Elmiger)**

**Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde  
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München**

**Retrospektive Studie zum Energiebedarf und Wachstum von  
privat gehaltenen Hundewelpen und Junghunden**

von Carmen Klein (geb. Elmiger)

aus Feldkirch (AUT)

München 2020

**Aus dem Veterinärwissenschaftlichen Department der  
Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität  
München**

Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik

Arbeit angefertigt unter der Leitung von:

Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

**Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Dekan:** Univ.-Prof. Dr. Reinhard K. Straubinger, Ph.D.

**Berichterstatter:** Univ.-Prof. Dr. Ellen Kienzle

**Korreferent:** Priv.-Doz. Dr. Joachim C. Manning

Tag der Promotion: 25. Juli 2020

*Meiner Familie*

# INHALTSVERZEICHNIS

1. ÜBERSICHTEN .....	2
1.1. Abkürzungsverzeichnis.....	2
1.2. Abbildungsverzeichnis .....	4
1.3. Tabellenverzeichnis .....	5
2. EINLEITUNG .....	7
3. SCHRIFTTUM.....	9
3.1. Körpermasseentwicklung beim Hund während des Wachstums.....	9
3.2. Energiebedarf des Hundes während des Wachstums .....	29
4. PUBLIKATION .....	34
5. DISKUSSION .....	59
5.1. Überlegungen zur Methodik .....	59
5.1.1. Körpermasseentwicklung beim Hund während des Wachstums .....	59
5.1.2. Energiebedarf des Hundes während des Wachstums .....	62
5.2. Besprechung der Ergebnisse.....	64
5.2.1. Körpermasseentwicklung beim Hund während des Wachstums .....	64
5.2.2. Energiebedarf des Hundes während des Wachstums .....	68
6. ZUSAMMENFASSUNG.....	72
7. SUMMARY .....	75
8. LITERATURVERZEICHNIS.....	78
9. DANKSAGUNG.....	87

## 1. ÜBERSICHTEN

### 1.1. Abkürzungsverzeichnis

%	Prozent
AUT	Austria/Österreich
bzw.	beziehungsweise
BW	body weight
BW <sup>0,75</sup>	metabolic body weight
ca.	circa
DE	digestible energy/verdauliche Energie
Dt.	Deutsche/r
et al.	et alii/und andere
e	Exponent
ESVCN	European Society of Veterinary and Comparative Nutrition
g	Gramm
GE	gross energy/Bruttoenergie
GfE	Gesellschaft für Ernährungsphysiologie
kg	Kilogramm
kJ	Kilojoule
KM	Körpermasse

## ÜBERSICHTEN

---

KM <sup>0,75</sup>	metabolische Körpermasse
KM <sub>a</sub> <sup>0,75</sup>	aktuelle metabolische Körpermasse
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität
Ln	Logarithmus naturalis
Log	Logarithmus
ME	metabolisable energy/umsetzbare Energie
MJ	Megajoule
n	Anzahl
NCHS	National Center for Health Statistics
NRC	National Research Council
SD	standard deviation/Standardabweichung
TL	Teelöffel
USA	United States of America
vs.	versus
z. B.	zum Beispiel



## 1.2. Abbildungsverzeichnis

**Abbildung I:** Wachstumskurven mit Perzentilen für weibliche und männliche Hunde mit einem erwarteten Endgewicht von 30 bis 40 kg (modifiziert nach Salt et al., 2017).

Abbildungen in der Publikation:

**Figure 1:** Relationship between recommended BW (x; kg) and actual BW (y; kg) at time of first presentation:  $y = 1.077 x - 1.549$ ,  $R^2 = 0.929$ ,  $n = 493$ .

**Figure 2:** ME intake of puppies with an expected mature BW of  $\geq 27.5$ –47.5 kg, with and without skeletal diseases.

**Figure 3:** Actual BW of female Doberman pinschers (Marqua, 2009) compared with recommended BW calculated according to table 1 for puppies with the same mature BW.

**Figure 4:** ME intake of privately-owned puppies compared with ME intake of laboratory puppies (Dobenecker et al., 2013) from the expected mature BW group  $\geq 15$ –27.5 kg. The laboratory puppies showed significantly higher ME intakes at the age of 18–22 and 24–26 weeks ( $p < 0.05$ ).

**Figure 5:** ME intake (y; MJ/kg BW<sup>0.75</sup>) in relation to realised growth (x; actual BW/expected mature BW):  $y = -0.565 x + 1.063$ ,  $R^2 = 0.307$ ,  $n = 393$ , broken lines mark the 95 % confidence interval.

### 1.3. Tabellenverzeichnis

<b>Tabelle I:</b>	Einteilung der Hunderassen nach KM (Meyer & Zentek, 2010).
<b>Tabelle II:</b>	Zahl der Welpen pro Wurf, Geburtsmasse eines Welpen und Wurfmasse in Prozent der KM der Hündin (GfE, 1989).
<b>Tabelle III:</b>	Prozentuale Geburtsmasse verschiedener Hunderassen.
<b>Tabelle IV:</b>	Durchschnittliche KM von Welpen und Junghunden, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (GfE, 1989).
<b>Tabelle V:</b>	Durchschnittliche tägliche Zunahme von Welpen und Junghunden, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (GfE, 1989).
<b>Tabelle VI:</b>	Durchschnittliche tägliche Zunahme von Welpen und Junghunden in Prozent der jeweiligen KM, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (nach: GfE, 1989).
<b>Tabelle VII:</b>	Durchschnittliche tägliche Zunahme von Welpen und Junghunden in Prozent der jeweiligen $KM^{0,75}$ , gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (nach: GfE, 1989).
<b>Tabelle VIII:</b>	Zeitpunkt der maximalen Körpermassezunahme verschiedener Hunderassen.
<b>Tabelle IX:</b>	Übersicht über die aktuelle Datenlage zur KM-Entwicklung von Hunden.
<b>Tabelle X:</b>	Empfehlungen für die tägliche Energieversorgung wachsender Hunde in MJ DE/Tier, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (GfE, 1989).

**Tabelle XI:** Empfehlungen für die tägliche Energieversorgung wachsender Hunde in MJ ME/Tier, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (Meyer & Zentek, 2010).

Tabellen in der Publikation:

**Table 1:** Equations for growth curves modified after GfE (1989) and Meyer and Zentek (1992), valid from weaning age (8 weeks) to one year.

**Table 2:** Breed distribution (% of study population, total n = 493).

**Table 3:** Case history of the puppies evaluated in the study (% of study population, total n = 493).

**Table 4:** ME intake of all puppies at first presentation (n = 393), grouped according to age and expected mature BW.

**Table 5:** Recommendation for ME intake at first presentation of puppies with further consultations (n = 243).

## 2. EINLEITUNG

Während des Wachstums von Hunden ist die Fütterung von hoher Bedeutung, da der Aufbau von Gewebe zusätzlich zum Erhaltungsbedarf einen besonderen Anspruch an die Versorgung mit Energie und Nährstoffen stellt. Alleinfuttermittel für wachsende Hunde sollten bei einer durchschnittlichen Energieaufnahme alle Nährstoffe in bedarfsdeckender Menge zur Verfügung stellen. Liegt der individuelle Energiebedarf eines Welpen über oder unter dem vom Hersteller zugrunde gelegten Energiebedarf, nimmt der Welpe langfristig zu viel oder zu wenig Nährstoffe auf. Dies kann insbesondere bei Nährstoffen, deren Über- bzw. Unterversorgung kritisch ist (z. B. Calcium), zu klinisch relevanten Schäden führen (Kölle et al., 2006; Becker et al., 2012b). Des Weiteren zeigt sich eine Überversorgung mit Energie bei wachsenden Hunden nicht zuverlässig an vermehrten Fettreserven, die z. B. durch Body-Condition-Scoring beurteilt werden können, sondern eventuell an vermehrtem Wachstum, was wiederum Skelettentwicklungsstörungen begünstigt (Hedhammar, 1974; Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; Dobenecker et al., 1998). Aus diesem Grund ist es sowohl für Futtermittelhersteller als auch in der tierärztlichen Ernährungsberatung essentiell, den Energiebedarf wachsender Hunde so genau wie möglich abschätzen zu können.

Die aktuellen Energieversorgungsempfehlungen für wachsende Hunde wurden vom National Research Council (NRC, 2006) unter Berücksichtigung des aktuellen sowie des erwarteten Adultgewichts eines Hundewelpen bzw. Junghundes festgelegt. In der Vergangenheit konnte gezeigt werden, dass der Energiebedarf von adulten, privat gehaltenen Hunden niedriger ist als der Energiebedarf von adulten, in Versuchseinrichtungen gehaltenen Hunden (Thes et al., 2016). Dobenecker et al. (2013) untersuchten die Energieaufnahme von Welpen in einer Versuchstierhaltung, deren Gewicht sich entsprechend den aktuellen Wachstumsempfehlungen (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992) entwickelte.

Die Energieaufnahme dieser Welpen lag deutlich unterhalb der aktuellen Energieversorgungsempfehlung (NRC, 2006).

Das Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es, Daten zur Energieaufnahme sowie zum Wachstum von privat gehaltenen Hundewelpen und Junghunden zu sammeln, um die aktuellen Energieversorgungsempfehlungen (NRC, 2006) sowie die aktuellen Empfehlungen zur Gewichtsentwicklung (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; NRC, 2006) auch für privat gehaltene Hundewelpen und Junghunde zu überprüfen. Da einige Hundebesitzer der Empfehlung nachgekommen sind, die Rationen regelmäßig anzupassen, waren in diesen Fällen sowohl die Energieaufnahme als auch die Gewichtsentwicklung zwischen der ersten und den darauffolgenden Konsultationen bekannt und der weitere Verlauf konnte somit ausgewertet werden.

### 3. SCHRIFTTUM

#### 3.1. Körpermasseentwicklung beim Hund während des Wachstums

Der Hund (*Canis lupus familiaris*) repräsentiert, aufgrund unterschiedlicher Selektionsziele in der Hundezucht, die Haustierart mit der stärksten Größenvariation. Hunde der Riesenrassen wiegen um ein Vielfaches mehr als Vertreter von Zwergrassen. Diese Variation reicht vom 1 kg schweren Chihuahuas bis zum 115-mal schwereren Bernhardiner (Burger, 1994). Im allgemeinen Sprachgebrauch werden die Hunderassen anhand ihrer Körpermasse (KM) in verschiedene Klassen eingeteilt (Tabelle I).

**Tabelle I:** Einteilung der Hunderassen nach KM (Meyer & Zentek, 2010).

Rassentyp	KM	Durchschnitt
Zwergrassen	bis 5 kg	4 kg
Kleine Rassen	5–15 kg	10 kg
Mittelgroße Rassen	15–25 kg	20 kg
Große Rassen	25–50 kg	35 kg
Riesenrassen	über 50 kg	60 kg

Die Anzahl von Welpen, die eine Hündin pro Wurf zur Welt bringt, ist abhängig von der Rasse, aber auch dem Alter, der Vitalität sowie der Fertilität der Elterntiere. Grundsätzlich bringen Hunde großer Rassen mehr Welpen pro Wurf zur Welt als Hunde kleiner Rassen. Die Gesamtwurfmasse bleibt jedoch erstaunlich konstant und beträgt bei allen Hunderassen etwa 11 % der KM der Mutter (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 2010; siehe Tabelle II).

**Tabelle II:** Zahl der Welpen pro Wurf, Geburtsmasse eines Welpen und Wurfmasse in Prozent der KM der Hündin (GfE, 1989).

<b>KM der Hündin</b>	<b>durchschnittliche Zahl der Welpen/Wurf</b>	<b>Variation</b>	<b>Gesamtwurfmasse (% KM der Hündin)</b>	<b>Geburtsmasse Einzelwelpen (% KM der Hündin)</b>
< 6	3,6	1–10	14,0	3,9
10	4,4	1–13	11,4	2,6
20	6,6	1–18	11,2	1,7
35	7,3	1–19	11,0	1,5
60	7,5	1–19	8,3	1,1

Eine Erklärung für die etwa gleich große Gesamtfruchtmasse trotz unterschiedlicher Welpenzahl liefert die Geburtsmasse der einzelnen Welpen (Meyer & Zentek, 2010). Welpen kleiner Hunderassen haben zum Zeitpunkt der Geburt bereits 4 % ihres Adultgewichts erreicht, Welpen großer Hunderassen hingegen nur in etwa 1 %. Tabelle III zeigt die prozentuale Geburtsmasse verschiedener Hunderassen. Auch in der Studie von Meyer et al. (1985) hatten Welpen kleiner Hunderassen (KM der Muttertiere bis 10 kg) ein höheres relatives Geburtsgewicht von 3,4 % im Vergleich zu Welpen mittlerer Hunderassen (2,2 % bei einer KM der Muttertiere von 10 bis 20 kg) und Welpen großer Hunderassen (1,6 % bei einer KM der Muttertiere > 20 kg).

**Tabelle III:** Prozentuale Geburtssmasse verschiedener Hunderassen.

Rasse	männlich		weiblich	
	Geburts- masse (%)	Adult- gewicht (kg)	Geburts- masse (%)	Adult- gewicht (kg)
West-Highland-White-Terrier (Schubert, 2010)	2,40	8,5	2,70	7,0
Beagle (Salomon et al., 1999)	2,60	11,8	2,90	10,9
Dt. Schäferhund (Riedel, 2008)	2,03	32,0	2,39	31,0
Golden Retriever (Spennes, 2009)	1,40	33,5	1,50	29,0
Dobermann (Marqua, 2009)	1,28	36,0	1,56	31,0
Berner Sennenhund (Kaiser, 2003)	1,00	49,5	1,00	39,4
Rottweiler (Baumbach, 1999)	0,88	48,0	0,88	40,5
Dt. Dogge (Schulze, 2000)	1,10	69,0	1,10	60,0

Das Geburtsgewicht der Welpen wird durch die Ernährung der tragenden Hündin beeinflusst. So fanden Kienzle et al. (1985) deutlich niedrigere Geburtsgewichte (60–70 % des Normalgewichtes) bei Nachkommen von Hündinnen die mit einer kohlenhydratfreien und zusätzlich proteinarmer Ration gefüttert wurden. Zusätzlich zum niedrigen Geburtsgewicht wiesen diese Würfe auch hohe perinatale Verluste auf.

In den ersten sechs bis acht Lebensmonaten findet die Hauptwachstumsphase der Hundewelpen statt (Meyer & Zentek, 2010). Diese Phase stellt eine große Herausforderung an den Körper und damit auch an die korrekte Haltung sowie Fütterung der Welpen dar. Das Wachstum eines Hundes wird individuell unterschiedlich durch innere (Genetik, Geschlecht) und äußere (Ernährung, Klima, Krankheiten) Faktoren beeinflusst (Meyer & Zentek, 2010). Ungünstige äußere Bedingungen führen dazu, dass das genetisch vorgegebene Wachstumspotential nicht voll ausgeschöpft werden kann. Durch optimal gestaltete Umweltbedingungen können höhere tägliche Zunahmen erreicht werden, die Endgröße des



ausgewachsenen Tieres wird dadurch jedoch nicht beeinflusst (Meyer & Zentek, 2010). Eine volle Ausschöpfung des Wachstumspotentials sollte jedoch nicht angestrebt werden, da ein zu schnelles Wachstum, insbesondere bei großwüchsigen Rassen, negative Auswirkungen auf die Skelettgesundheit haben kann (Hedhammar, 1974; GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; Dobenecker et al., 1998). Laut Schroeder und Smith (1994) ist das Wachstum eines Welpen mehr vom Management, der Pflege und der Ernährung durch den Besitzer als vom Geburtsgewicht selbst abhängig. Welpen, die mit einem niedrigeren Gewicht auf die Welt kommen als ihre Wurfgeschwister, können den Rückstand aufholen und ihre Wurfgeschwister später an Masse übertreffen (Schulze et al., 1997). Die maximale tägliche Wachstumsrate ist genetisch vorgeschrieben. Ob diese jedoch erreicht wird, ist abhängig von der aufgenommenen Menge an Energie (Hedhammar, 1996; Meyer & Zentek, 2010).

In der Vergangenheit wurden Daten zur KM-Entwicklung von Hunden gesammelt. Zum einen stehen experimentell ermittelte Daten (Arnold & Elvehjem, 1939; Anderson et al., 1939; Hendricks et al., 1947; Morgan & Shimotori, 1943; Mabee & Morgan, 1951; Liu & McCay, 1953; Gessert & Phillips, 1956; Jenkins & Phillips, 1960; Sheng & Huggins, 1971; Hedhammar et al., 1974; Cho et al., 1975; Romsos et al., 1976; Blaza et al., 1982) zur Verfügung, zum anderen wurden Daten zu Geburts- und Aufzuchtgewichten von Rassehunden anhand von privater Angaben von Züchtern und Zuchtbüchern ermittelt (Sierts-Roth, 1953). Sierts-Roth (1953) begann 1947 mit der Erhebung der Daten und verwendete unter anderem Zuchtbücher ab dem Jahr 1934 – einer Zeitspanne, die den Zweiten Weltkrieg und die Nachkriegszeit beinhaltet und in der Nahrungs- sowie Futtermittel häufig knapp waren. Basierend auf den Daten von Züchtern und den verschiedenen experimentell ermittelten Daten erstellte die GfE (1989) Empfehlungen zur KM-Entwicklung von Welpen und Junghunden.

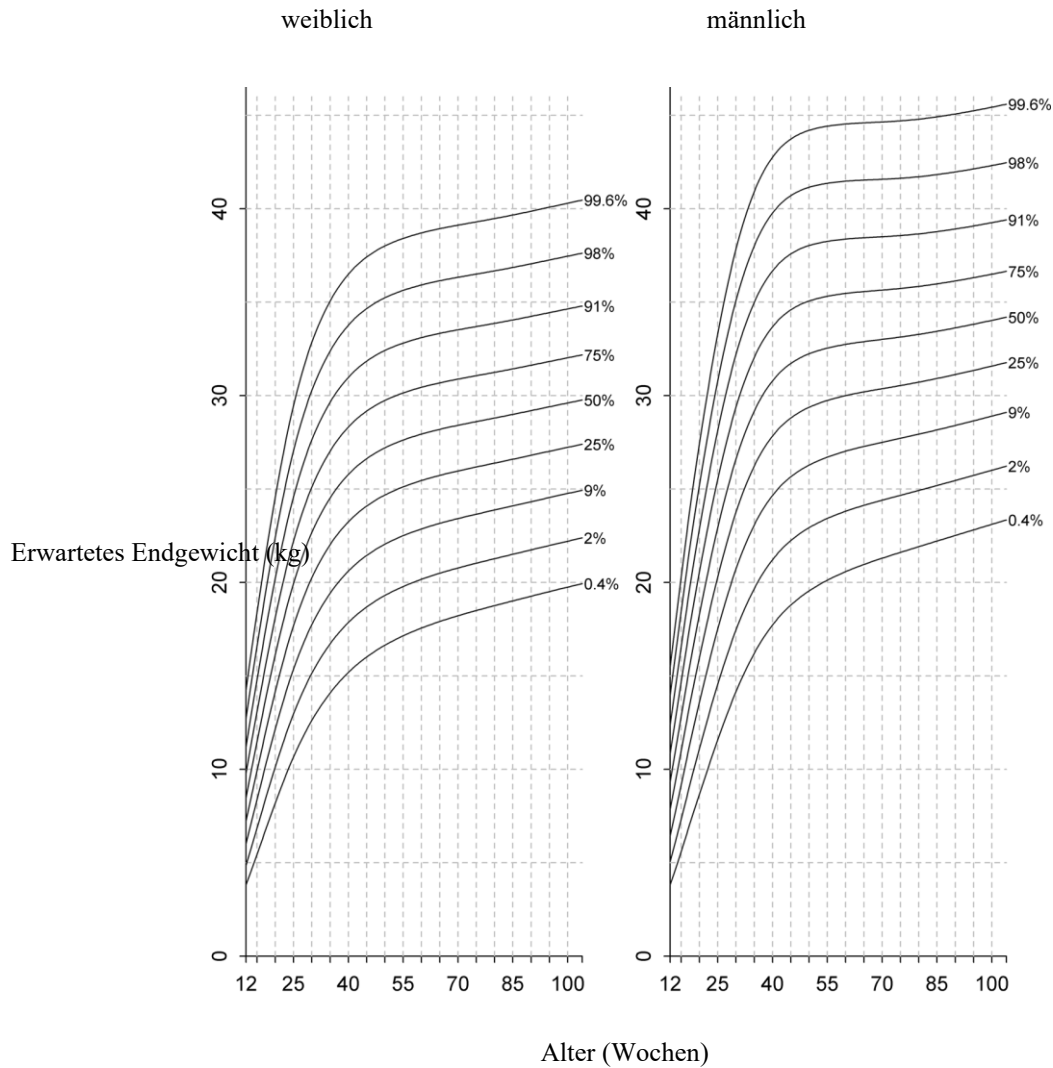
**Tabelle IV:** Durchschnittliche KM von Welpen und Junghunden, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (GfE, 1989).

<b>KM ausgewachsen (kg)</b>	<b>1. Monat (kg)</b>	<b>2. Monat (kg)</b>	<b>3. Monat (kg)</b>	<b>4. Monat (kg)</b>	<b>5./6. Monat (kg)</b>	<b>6. Monat (kg)</b>	<b>12. Monat (kg)</b>
	<b>Monatsmittel</b>					<b>Monatsende</b>	
5	0,5	1,2	1,9	2,6	3,5	4	5
10	0,7	1,9	3,3	4,8	6,5	7,5	9,5
20	1,1	3,1	5,9	8,9	12	14	19
35	1,5	4,7	9,6	15	20	23	31
60	2,1	6,6	13,2	20,4	30	36	48

Meyer und Zentek (1992) führten Fütterungsversuche mit Deutschen (Dt.) Doggen durch und leiteten daraus ähnliche Empfehlungen ab wie die GfE (1989) für die KM-Entwicklung der größten Hunderassen mit einem Adultgewicht von 60 kg.

Die aktuellen Empfehlungen des NRC (2006) zur KM-Entwicklung von Welpen und Junghunden basieren auf den Empfehlungen der GfE (1989) sowie den Ergebnissen von Meyer und Zentek (1992).

Salt et al. (2017) werteten die Alters- und KM-Entwicklung von mehr als 6 Millionen Hunden, die in den USA in verschiedenen Banfield Pet Hospitals vorgestellt wurden, retrospektiv aus. Die Autoren entwickelten eine Serie von Wachstumskurven mit Perzentilen für weibliche und männliche Hunde sowie jeweils für fünf verschiedene Größenklassen. Diese Wachstumskurven können bis zu einem erwarteten Endgewicht von 40 kg genutzt werden.



**Abbildung I:** Wachstumskurven mit Perzentilen für weibliche und männliche Hunde mit einem erwarteten Endgewicht von 30 bis 40 kg (modifiziert nach Salt et al., 2017).

Die Entwicklung der KM erfolgt nicht linear, sondern entsprechend einer rassespezifischen Wachstumsfunktion mit sigmoidem Verlauf (Baumbach, 1999; Salomon et al., 1999; Schulze, 2000; Kaiser, 2003; Riedel, 2008; Marqua, 2009; Spennes, 2009; Schubert, 2010). Die durchschnittliche tägliche Gewichtszunahme von Welpen variiert je nach Rasse erheblich (Tabelle V). Betrachtet man jedoch das relative Wachstum, nehmen Welpen aller Hunderassen im 1. Lebensmonat 4 bis 4,5 % ihrer jeweiligen aktuellen KM zu. In den darauffolgenden Monaten unterscheidet sich das Wachstum, wobei kleinere Hunderassen geringere Zunahmen

bezogen auf die jeweilige KM zeigen. Ab dem 4. Lebensmonat ist das relative Wachstum aller Hunderassen wieder nahezu identisch (Tabelle VI).

**Tabelle V:** Durchschnittliche tägliche Zunahme von Welpen und Junghunden, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (GfE, 1989).

<b>KM ausgewachsen (kg)</b>	<b>1. Monat (g)</b>	<b>2. Monat (g)</b>	<b>3. Monat (g)</b>	<b>4. Monat (g)</b>	<b>5./6. Monat (g)</b>	<b>7.–12. Monat (g)</b>
5	20	23	25	25	16	6
10	31	43	49	49	33	11
20	48	85	98	98	59	27
35	63	149	172	149	98	44
60	96	196	236	236	197	66

**Tabelle VI:** Durchschnittliche tägliche Zunahme von Welpen und Junghunden in Prozent der jeweiligen KM, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (nach: GfE, 1989).

<b>KM ausgewachsen (kg)</b>	<b>1. Monat (%)</b>	<b>2. Monat (%)</b>	<b>3. Monat (%)</b>	<b>4. Monat (%)</b>	<b>5./6. Monat (%)</b>	<b>7.–12. Monat (%)</b>
5	4,0	1,9	1,3	1,0	0,5	0,1
10	4,2	2,3	1,5	1,0	0,5	0,1
20	4,5	2,7	1,7	1,1	0,5	0,1
35	4,2	3,2	1,8	1,0	0,5	0,1
60	4,5	3,0	1,8	1,2	0,7	0,1

Bei der Betrachtung der durchschnittlichen täglichen Zunahme von Welpen und Junghunden in Prozent der jeweiligen metabolischen KM ( $KM^{0,75}$ ) zeichnet sich ein Unterschied zwischen kleinen und großen Hunderassen ab. Welpen größerer Hunderassen erbringen eine deutlich höhere Leistung bezogen auf die Stoffwechselmasse als Welpen kleiner Hunderassen (Tabelle VII).

**Tabelle VII:** Durchschnittliche tägliche Zunahme von Welpen und Junghunden in Prozent der jeweiligen KM<sup>0,75</sup>, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (nach: GfE, 1989).

<b>KM ausgewachsen (kg)</b>	<b>1. Monat (%)</b>	<b>2. Monat (%)</b>	<b>3. Monat (%)</b>	<b>4. Monat (%)</b>	<b>5./6. Monat (%)</b>	<b>7.–12. Monat (%)</b>
5	3,4	2,0	1,5	1,2	0,6	0,2
10	3,9	2,7	2,0	1,5	0,8	0,2
20	4,6	3,6	2,6	1,9	0,9	0,3
35	4,7	4,7	3,2	2,0	1,0	0,4
60	5,4	4,8	3,4	2,5	1,5	0,4

Die maximalen KM-Zunahmen erreichen kleine Hunderassen früher als große. In einer Serie von Arbeiten wurde gezeigt, dass kleine Hunderassen diesen Wendepunkt bereits vor dem Zeitpunkt des Absetzens erreichen, während große Hunderassen einer längeren Wachstumsperiode unterliegen. Deren maximale tägliche Gewichtszunahme wird erst nach dem Ende der Säugeperiode erreicht (Tabelle VIII).

**Tabelle VIII:** Zeitpunkt der maximalen Körpermassezunahme verschiedener Hunderassen.

<b>Rasse</b>	<b>Zeitpunkt der maximalen Körpermassezunahme (d)</b>	
	<b>männlich</b>	<b>weiblich</b>
West-Highland-White-Terrier (Schubert, 2010)	58	54
Beagle (Salomon et al., 1999)	65	68
Dt. Schäferhund (Riedel, 2008)	79	76
Golden Retriever (Spennes, 2009)	89	92
Dobermann (Marqua, 2009)	85	76
Berner Sennenhund (Kaiser, 2003)	85	73
Rottweiler (Baumbach, 1999)	97	90
Dt. Dogge (Schulze, 2000)	89	84

Zur Entwicklung der KM beim Hund sowie zum Einfluss der Energieversorgung auf diese findet sich eine unterschiedliche Datenlage. Die KM-Entwicklung wird, wie bereits beschrieben, stark durch die Energieaufnahme beeinflusst. In einer Serie von Studien wurde die Entwicklung des Skelett- und Körpermassewachstums verschiedener Hunderassen dargestellt (Baumbach, 1999; Salomon et al., 1999; Schulze, 2000; Kaiser, 2003; Riedel, 2008; Marqua, 2009; Spennes, 2009; Schubert, 2010). Es werden jedoch keine Angaben zur Fütterung der Hunde bzw. zum Einfluss der Energieversorgung auf die Entwicklung der KM gemacht. In einigen Studien wird nur beschrieben, dass die Futterzuteilung so erfolgte, dass die Hunde einen idealen Body-Condition-Score (BCS) beibehielten (Hawthorne et al., 2004; Brenten et al., 2014). Der BCS ist während des Wachstums nur eingeschränkt valide zur Einschätzung des Ernährungszustands (Dobenecker, 2010). In der Studie von Alexander et al. (2017) wird zwar wiederum die Energieaufnahme während des Wachstums dargestellt, jedoch fehlen Angaben zur Entwicklung der KM der Welpen. In einigen Studien ist die Entwicklung der KM grafisch dargestellt (Meyer & Zentek, 1992; Lavelle, 1989; Brenten et al., 2014), während die Angaben in anderen fehlen. Es ist derzeit kaum möglich, den Energiebedarf für eine bestimmte Wachstumsintensität festzulegen. In Tabelle IX wurde die aktuelle Datenlage in einer Übersicht dargestellt.

**Tabelle IX:** Übersicht über die aktuelle Datenlage zur KM-Entwicklung von Hunden.

Quelle	Art der Studie	Angaben zur Entwicklung der KM	Fütterung	Angaben zur Energieaufnahme	Ergebnis	Besonderheiten
Hedhammar et al. (1974)	Experimentell	Vorhanden für jedes einzelne Tier	Ad libitum vs. restriktiv (60–70 % ad libitum), kommerziell und selbstzubereitet	Tabelle, Angaben in kcal GE	Ad libitum: schnelleres Wachstum als restriktiv gefütterte Tiere, Skelettentwicklungsstörungen	Jeweils 2 Partnertiere (1 ad libitum vs. 1 restriktiv), Vergleich nur zwischen diesen Tieren möglich, da sehr unterschiedliche Futteraufnahmen
Lavelle (1989)	Experimentell	Grafik	Ad libitum vs. restriktiv (60–70 % ad libitum), kommerzielles Feucht- und Trockenfutter	Grafik, Angaben in kJ ME	Ad libitum: schnelleres Wachstum als restriktiv gefütterte, keine Skelettprobleme	Jeweils 2 Partnertiere (1 ad libitum vs. 1 restriktiv), Vergleich nur zwischen diesen Tieren möglich, da sehr unterschiedliche Futteraufnahmen

# SCHRIFTTUM

Quelle	Art der Studie	Angaben zur Entwicklung der KM	Fütterung	Angaben zur Energieaufnahme	Ergebnis	Besonderheiten
Rainbird & Kienzle (1990)	Experimentell, retrospektiv	Tabelle	Kommerzielle Feucht- und Trockenfutter	Tabelle, Angaben in kJ DE	Große Rassen höhere Zunahmen als kleine Rassen, erhebliche Unterschiede in der Entwicklung der KM und Energieaufnahme zwischen verschiedenen Rassen mit gleichem Adultgewicht, Tiere waren gesund	Keine
Dämmrich (1991)	Experimentell	Keine	Ad libitum vs. restriktiv (70–80 % ad libitum)	Keine	Skelettprobleme bei ad libitum gefütterter Gruppe	Keine
Meyer & Zentek (1992), Zentek (1995)	Experimentell	Grafik	Ad libitum vs. restriktiv (70–80 % ad libitum), Basismischung + Reis für ad libitum Gruppe, somit annähernd gleiche Nährstoffversorgung bei unterschiedlicher Energieversorgung	Tabelle, Angaben in MJ DE	Ad libitum schnellere KM-Entwicklung, restriktiv gefütterte Hunde bei gegebener KM größere Skelettmaße, Empfehlungen für Wachstumsintensität und Energieversorgung wachsender Doggen entwickelt, Wachstumsstörungen in allen Gruppen → vermehrt bei Ad-libitum-Fütterung	Ein Teil der restriktiv gefütterten Gruppe trug zusätzlich Bleiwesten (15 % der KM) im Schulterbereich



## SCHRIFTTUM

Quelle	Art der Studie	Angaben zur Entwicklung der KM	Fütterung	Angaben zur Energieaufnahme	Ergebnis	Besonderheiten
Dobenecker et al. (1998)	Feld, retrospektiv	Keine	Keine	Keine	Höhere Energieaufnahme bei Tieren mit Skelettproblemen, große Hunderassen häufiger betroffen als kleine Hunderassen, zu schnelles Wachstum, häufig in Kombination mit exzessiver Calciumaufnahme	Keine
Baumbach (1999)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse Rottweiler	Keine
Salomon et al. (1999)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse Beagle	Keine
Schulze (2000)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse Dt. Dogge	Keine
Kaiser (2003)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse Berner Sennenhund	Keine

# SCHRIFTTUM

Quelle	Art der Studie	Angaben zur Entwicklung der KM	Fütterung	Angaben zur Energieaufnahme	Ergebnis	Besonderheiten
Hawthorne et al. (2004)	Experimentell	Grafik, Tabelle	Erhaltung eines optimalen BCS, verschiedene kommerzielle Futtermittel	Keine	Darstellung der KM-Entwicklung von 12 verschiedenen Hunderassen	Keine
Riedel (2008)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse Dt. Schäferhund	Keine
Spennes (2009)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse Golden Retriever	Keine
Marqua (2009)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse Dobermann	Keine
Schubert (2010)	Feld	Tabelle	Keine	Keine	Darstellung des Skelett- und Körpermassewachstums der Rasse West Highland White Terrier	Keine

## SCHRIFTTUM

Quelle	Art der Studie	Angaben zur Entwicklung der KM	Fütterung	Angaben zur Energieaufnahme	Ergebnis	Besonderheiten
Brenten et al. (2014)	Experimentell	Grafik	Erhaltung eines optimalen BCS, verschiedene kommerzielle Trockenfutter, vier verschiedene Gruppen mit unterschiedlichem Gehalt an Vitamin A	Grafik, Angaben in kJ ME	Vitamin-A-Gehalt der Fütterung hatte keinen Einfluss auf das Wachstum	Keine
Alexander et al. (2017)	Experimentell	Keine	Erhaltung eines optimalen BCS, kommerzielles Feucht- und Trockenfutter	Grafik, Angaben in kJ ME	Energieaufnahme lag unter den aktuellen Empfehlungen des NRC (2006)	Keine

Eine der ersten experimentellen Studien zum Einfluss der Energieversorgung auf die KM-Entwicklung wurde von Hedhammar et al. (1974) durchgeführt. Dabei wurde die Auswirkung einer Ad-libitum-Fütterung auf das Wachstum und die Skelettentwicklung mit der Auswirkung einer restriktiven Fütterungsweise bei 24 im Wachstum befindlichen Deutschen Doggen verglichen. Die Haltung der Tiere erfolgte paarweise in einem 1,5 mal 2,4 Meter großen Raum. Zu Beginn der Studie erhielten die Hunde Auslauf, dieser wurde jedoch aus hygienischen Gründen wieder eingestellt. Die letzten 3 bis 5 Wochen des Experiments verbrachten die Tiere in Stoffwechselkäfigen. Die Fütterung erfolgte mit einer Mischung aus Fleisch und tierischen Nebenerzeugnissen aus der Dose, kommerziellem Hundetrockenfutter und Kondensmilch. Diese Mischung wurde zusätzlich mit Mineralstoffen und Vitaminen ergänzt. Das Futter wies einen hohen Gehalt an tierischem Protein und Fett auf und hatte eine entsprechend hohe Schmackhaftigkeit sowie eine hohe Energiedichte. Die restriktiv gefütterten Tiere erhielten zwei Drittel der aufgenommenen Futtermenge, die der ad libitum gefütterte Partnerhund in der vorangegangenen Fütterung gefressen hatte.

Die ad libitum gefütterten Tiere nahmen durch die deutlich größeren Futtermengen auch höhere Mengen an Nährstoffen, insbesondere Calcium, auf. Die aufgenommenen Futtermengen unterschieden sich individuell stark zwischen den ad libitum gefütterten Tieren. So kam es vor, dass ein restriktiv gefütterter Hund durch die hohe Futteraufnahme seines Ad-libitum-Partnertiers deutlich größere Mengen Futter als ein anderer ad libitum gefütterter Hund aufnahm, der spontan eine relativ geringere Futteraufnahme zeigte. Aus diesem Grund wurden in dieser Studie die Ergebnisse immer nur paarweise und nicht gruppenweise verglichen. Die ad libitum gefütterten Tiere zeigten ein deutlich schnelleres Wachstum sowie ein höheres Adultgewicht als die restriktiv gefütterten. Die radiologische Untersuchung ergab bei dieser Gruppe einen früheren Schluss der Wachstumsfugen, verbreiterte Metaphysen, eine höhere Knochendichte, eine weitere Ausdehnung der sekundären Spongiosa im Knochen sowie

eine rauere kortikale Knochenstruktur. Die Entstehung verschiedener Skeletterkrankungen wurde von den Autoren auf das übermäßige Knochenwachstum infolge hoher Energie- und Proteinzufuhr in Kombination mit vermindertem Knochen- und Knorpelabbau zurückgeführt (Hedhammar et al., 1974).

Lavelle (1989) führte einen ähnlichen Versuch an zehn Deutschen Doggen durch. Die Tiere in dieser Studie wurden paarweise in einem Auslauf von 6 mal 3 Metern gehalten und hatten somit deutlich mehr Fläche zur Verfügung als die Tiere in der Studie von Hedhammar et al. (1974). Die Fütterung erfolgte mit einer Mischung aus kommerziell erhältlichem Feucht- und Trockenfutter für Hunde. Die restriktiv gefütterten Tiere erhielten auch in dieser Studie zwei Drittel der Futtermenge der ad libitum gefütterten Partnertiere. Auch hier zeigten die ad libitum gefütterten Tiere eine höhere Wachstumsrate. Skelettentwicklungsstörungen konnten in dieser Studie weder klinisch noch röntgenologisch nachgewiesen werden. Lavelle (1989) sieht die Ursache für die deutlich unterschiedlichen Ergebnisse im Vergleich zu der Studie von Hedhammar et al. (1974) in der geringeren Energie- und Calciumaufnahme sowie in der größeren Bewegungsmöglichkeit der Hunde in seiner Studie.

Dämmrich (1991) untersuchte in der Klinik vorgestellte Fälle von Skeletterkrankungen bei Welpen sowie Junghunden und führte zusätzlich eine Studie an Deutschen Doggen durch, bei denen durch Ad-libitum-Fütterung experimentell Skeletterkrankungen produziert wurden. Zum Vergleich wurde eine Gruppe restriktiv (70–80 % der Energieaufnahme der ad libitum gefütterten Gruppe) aufgezogen. Nach 6 Monaten waren die männlichen Welpen der ad libitum gefütterten Gruppe doppelt so schwer als die männlichen Welpen der restriktiv ernährten Gruppe. Dieser Unterschied war bei den weiblichen Tieren nicht so deutlich ausgeprägt. Bei den klinischen Fällen traten Skelettprobleme häufiger bei männlichen Tieren auf als bei weiblichen. In der Studie von Dämmrich (1991) kam es infolge der höheren Energieaufnahme der ad libitum gefütterten Tiere sowohl zu einer schnelleren KM- als auch zu einer schnelleren

Skelettentwicklung als in der Gruppe der restriktiv gefütterten Tiere. Da der Unterschied in der KM zwischen der ad libitum und der restriktiv gefütterten Gruppe größer war als der Unterschied in der Länge des Oberschenkels, erfolgte die KM-Entwicklung der ad libitum gefütterten Tiere zusätzlich schneller als die Skelettentwicklung. Die Knochen dieser Gruppe wiesen eine relativ geringe Dichte und somit eine reduzierte Widerstandskraft gegenüber biomechanischen Kräften auf, was zu einer starken Belastung der Skelettstruktur und demzufolge zu lokalen Schädigungen in Gelenken und Wachstumsfugen bei ad libitum gefütterten Tieren führte.

Meyer und Zentek (1992) untersuchten den Einfluss einer unterschiedlichen Energieversorgung bei ansonsten gleicher Nährstoffversorgung auf die Entwicklung der KM und des Skeletts bei wachsenden Doggen. Insgesamt wurden 27 Doggenwelpen für diesen Versuch verwendet. Eine Gruppe ( $n = 9$ ) wurde ad libitum gefüttert während der anderen Gruppe ( $n = 18$ ) das Futter restriktiv zugeteilt wurde. Die Energieaufnahme der restriktiv gefütterten Tiere lag bei 70–80 % der Energieaufnahme der ad libitum gefütterten Gruppe. Ein Teil der restriktiv gefütterten Gruppe ( $n = 8$ ) erhielt zusätzlich Westen mit Bleiplatteneinlagen, die aus gepolsterten und verstellbaren Leder- oder Kunststoffgurten hergestellt wurden. Die im Schulterbereich umgeschnallten Gewichte wogen 15 % der eigenen KM. Den Tieren der Ad-libitum-Gruppe wurde dieselbe Menge an Basisfutter (bezogen auf die KM) zugeteilt wie denen der restriktiv gefütterten Gruppe. Für die Ad-libitum-Fütterung wurde die Basismischung mit gekochtem Reis ergänzt. Somit konnten alle Tiere trotz unterschiedlicher Energieaufnahme weitestgehend identisch mit Protein, Mineralstoffen und Vitaminen versorgt werden.

Die KM der Junghunde entwickelte sich entsprechend der Energieaufnahme. Die Geburtssmasse hatte keinen Einfluss auf die Entwicklung der KM. Ein Geschlechtsdimorphismus war zwar erkennbar, allerdings nur sporadisch statistisch

abzusichern. Die restriktiv gefütterten Tiere zeigten deutlich geringere Tageszunahmen als die ad libitum gefütterten Doggen. Am Ende des 6. Lebensmonats hatten die Tiere der ad libitum gefütterten Gruppe bereits 64–74 % des Adultgewichts erreicht, die restriktiv gefütterte Gruppe im Gegensatz dazu erst 30–44 %. Die restriktiv gefütterten Tiere waren bei gleichem Alter kleiner und leichter als die ad libitum gefütterten Doggen. Wenn man jedoch die Tiere mit gleicher KM vergleicht, waren die restriktiv gefütterten größer als die ad libitum gefütterten Tiere. Folglich benötigten die restriktiv gefütterten Tiere länger, bis sie ein bestimmtes Körpergewicht erreichten, waren aber dann mit diesem Gewicht größer als die ad libitum gefütterten Tiere. Die hohe Energieaufnahme stimulierte somit die KM-Zunahme relativ stärker als das Längenwachstum der Gliedmaßen. Daher ist laut den Autoren bei restriktiv gefütterten Tieren keine Beeinträchtigung des Höhenwachstums zu erwarten. Die zusätzliche Belastung mit Gewichten hatte keinen signifikanten Einfluss auf die KM-Entwicklung und das Skelettwachstum. Durch die hohen unterschiedlichen KM-Zunahmen zwischen der ad libitum und der restriktiv gefütterten Gruppe konnten die wachsenden Hunde nicht entsprechend hoch mit Gewichten belastet werden. Zusätzlich lagen die Hunde aller drei Versuchsgruppen einen großen Teil des Tages, wodurch die effektive Einwirkungsdauer der Gewichte nicht genau eingeschätzt werden konnte. Subjektiv konnten keine Unterschiede in der Spontanaktivität festgestellt werden. Bei allen drei Versuchsgruppen fielen Wachstumsstörungen am Skelett auf. An den Vordergliedmaßen traten vor allem Hyperextensionen am Karpalgelenk auf, mit und ohne Durchtrittigkeit im Zehenbereich, sowie Achsenabweichungen nach lateral (Valgusstellung). Die Achsenabweichungen traten vermehrt bei Hunden der ad libitum gefütterten Gruppe auf, während die Tiere, die zusätzlich mit Gewichten belastet wurden, häufiger Hyperextensionen im Karpalgelenk zeigten. Eine Deviation der Hintergliedmaßen mit Außenrotation der Unterschenkel (*genu valgum*) war bei fünf der neun ad libitum gefütterten Hunde festzustellen. Bei restriktiver Fütterung traten

Fehlstellungen der Hintergliedmaßen deutlich seltener in Erscheinung. Die Mineralisierung des Knochengewebes änderte sich infolge der unterschiedlichen Aufzuchtbedingungen nicht. Somit schließen die Autoren eine bei beschleunigtem Wachstum möglich erscheinende Synthese von unmineralisiertem Knochenmaterial als Ursache für die beobachteten Skelettdeformationen aus. Die aufgetretenen Wachstumsstörungen, vor allem die Außenrotation der Gliedmaßen, werden durch eine mechanische Überlastung besonders im knorpeligen Bereich der Wachstumszone erklärt, woraus Deformationen der unreifen Strukturen resultieren (Zentek et al., 1995).

In einer retrospektiven Studie untersuchten Dobenecker et al. (1998) den Einfluss der Energieversorgung auf die Skelettentwicklung bei wachsenden Hunden verschiedener Rassen. Von 90 analysierten Fällen aus der Ernährungsberatung des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik der LMU München wiesen 71 Welpen (79 %) Skelettprobleme auf. Die meisten dieser Hunde wurden aufgrund der vorliegenden Problematik aus der tierärztlichen Klinik und Praxis zur Ernährungsberatung überwiesen. Die meisten Hunde mit Skelettproblemen (96 %, n = 68) gehörten einer großen Hunderasse oder einer Riesenrasse an ( $KM \geq 30$  kg). In der Kontrollgruppe lag das erwartete Endgewicht lediglich bei 58 % (n = 11) der Welpen über 30 kg. Dobenecker et al. (1998) verglichen in dieser Studie auch das aktuelle Gewicht der Welpen mit den Wachstumsempfehlungen der GfE (1989) sowie von Meyer und Zentek (1992). Ein großer Teil der Welpen mit Skelettproblemen (66 %, n = 47) wurde mit Energie überversorgt und wies demzufolge ein zu schnelles Wachstum auf. In 48 % der Fälle (n = 32), in denen eine Energieüberversorgung festgestellt wurde, fanden Dobenecker et al. (1998) gleichzeitig eine Überversorgung mit Calcium. Zusammengefasst konnte von den Autoren ein Zusammenhang zwischen beschleunigtem Wachstum durch eine Überversorgung mit Energie und dem Auftreten von Skeletterkrankungen vor allem bei großen Hunderassen ermittelt



werden. Weniger anfällig für das Auftreten von Skelettveränderungen durch Fütterungsfehler waren kleinere Hunderassen.

In weiteren Studien wurde das Wachstum von Hunden ebenfalls betrachtet (Hazewinkel et al., 1985; Voorhout & Hazewinkel, 1987; Hazewinkel et al., 1991; Nap et al., 1993; Laflamme, 2000). Da in diesen Studien jedoch primär die Auswirkungen einer Mineralstofffehlversorgung ausgewertet wurden, soll hier auf sie nicht näher eingegangen werden.

### **3.2. Energiebedarf des Hundes während des Wachstums**

Da Welpen sich in den ersten Lebenswochen wenig bewegen, liegt der Erhaltungsbedarf von Saugwelpen unterhalb des Erhaltungsbedarfs erwachsener Hunde (Meyer & Zentek, 2010). Da die Steuerungsmechanismen für die Thermoregulation noch nicht vollständig entwickelt sind, halten die Welpen ihre Körpertemperatur aufrecht, indem sie meist mit direktem Körperkontakt zu Wurfgeschwistern und zum Muttertier liegen. Durch die gute Isolationswirkung des dichten Fells müssen die Welpen nur geringe Wärmeverluste kompensieren. Ab der dritten Lebenswoche steigt der Erhaltungsbedarf, da die Welpen dann beginnen, sich mehr zu bewegen (Meyer & Zentek, 2010). Zusätzlich zum Erhaltungsbedarf benötigen Welpen Energie für die Gewebeneubildung.

Eine erste Abschätzung des Energiebedarfs von Welpen erfolgte von Arnold und Elvehjem (1939). Demnach benötigt ein Welpe doppelt so viel Energie pro kg KM als ein erwachsener Hund derselben Rasse. Sobald der Hund 50 % seines Adultgewichts erreicht hat, reduziert sich dieser Wert auf den 1,6-fachen Bedarf. Bei 80 % des Adultgewichts verringert sich der Energiebedarf auf das 1,2-Fache des Erhaltungsbedarfs eines erwachsenen Tieres (Arnold & Elvehjem, 1939).

Aus dem täglichen Energieansatz ermittelte die GfE (1989) einen Teilbedarf für das Wachstum und leitete zusammen mit dem Erhaltungsbedarf in einer faktoriellen Berechnung Empfehlungen für die tägliche Energieversorgung wachsender Hunde ab. Diese Angaben beziehen sich auf die verdauliche Energie (DE).

**Tabelle X:** Empfehlungen für die tägliche Energieversorgung wachsender Hunde in MJ DE/Tier, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (GfE, 1989).

<b>KM ausgewachsen (kg)</b>	<b>1. Monat</b>	<b>2. Monat</b>	<b>3. Monat</b>	<b>4. Monat</b>	<b>5./6. Monat</b>	<b>7.–12. Monat</b>
5	0,49	0,87	1,33	1,66	1,83	1,98
10	0,72	1,38	2,18	2,78	3,04	3,24
20	1,08	2,35	3,73	4,79	5,00	5,54
35	1,41	3,67	5,84	7,04	7,42	8,08
60	2,06	4,78	9,05	11,76	13,87	14,71

Meyer und Zentek (1992) leiteten etwas höhere Empfehlungen für die Energieversorgung wachsender Hunde mit einem Adultgewicht von 60 kg ab als die GfE (1989). Daraufhin veröffentlichten Meyer und Zentek (2010) Empfehlungen zur Energieversorgung von wachsenden Hunden, die auf den Empfehlungen der GfE (1989) und ihren eigenen Ergebnissen (Meyer & Zentek, 1992) beruhten. Ab der 3. Auflage des Buches wurde in Tabelle XI auch nicht mehr länger die verdauliche, sondern die umsetzbare Energie (ME) angegeben.

**Tabelle XI:** Empfehlungen für die tägliche Energieversorgung wachsender Hunde in MJ ME/Tier, gruppiert nach Adultgewicht und Lebensalter (Meyer & Zentek, 2010).

<b>KM ausgewachsen (kg)</b>	<b>1. Monat</b>	<b>2. Monat</b>	<b>3. Monat</b>	<b>4. Monat</b>	<b>5./6. Monat</b>	<b>7.–12. Monat</b>
5	0,46	0,88	1,47	1,83	2,01	2,17
10	0,69	1,54	2,42	3,07	3,36	3,56
20	1,02	2,43	4,15	5,31	5,52	6,10
35	1,33	3,84	6,49	7,80	8,19	8,89
60	1,94	5,01	9,17	11,8	13,7	14,1

Da sich der Energiebedarf nicht abrupt, sondern langsam und kontinuierlich im Verlauf des Wachstums verändert, haben Blanchard et al. (1998) die Berechnung eines Faktors (C) aus dem prozentual zum erwarteten Endgewicht erreichten Gewicht vorgeschlagen. Multipliziert man diesen Faktor mit dem Erhaltungsbedarf erwachsener Hunde, erhält man den vom bereits abgeschlossenen Wachstum und dem Endgewicht abhängigen Energiebedarf eines Welpen.

$$C = 3,2 * [e^{(-0,87*P)} - 0,1]$$

P = aktuelles Gewicht (kg)/erwartetes Adultgewicht (kg)

Diese Empfehlung zur Berechnung des Energiebedarfs für Welpen wurde vom NRC (2006) übernommen:

$$ME \text{ (kcal)} = 130 * KM_a^{0,75} \text{ (kg)} * 3.2 * [e^{(-0,87*P)} - 0,1]$$

$$ME \text{ (MJ)} = 0,544 * KM_a^{0,75} \text{ (kg)} * 3.2 * [e^{(-0,87*P)} - 0,1]$$

Individuelle endogene und exogene Bedingungen können den Energiebedarf eines Tieres stark beeinflussen. Gruppenhaltung und daraus resultierende höhere Bewegungsintensität sowie Haltung im Freien können den Energiebedarf erhöhen (Durrer & Hannon, 1962; Finke, 1991; Burger, 1994; Meyer & Zentek, 2010; Gerth, 2016). Zusätzlich kommen rassespezifische Unterschiede hinzu (Rainbird & Kienzle, 1990; Meyer & Zentek, 2010; Dobenecker, 2013).

Rainbird und Kienzle (1990) überprüften den Einfluss verschiedener Faktoren, unter anderem der Rasse, auf die Wachstumsgeschwindigkeit und den Energiebedarf während des Wachstums. Die Energieaufnahme fiel bei allen Rassen vom Absetzalter an kontinuierlich ab. Auffallend waren die Unterschiede zwischen dem faktoriell kalkulierten Bedarf und der tatsächlichen Energieaufnahme zwischen Rassen mit vergleichbarer Wachstumsintensität.

Der experimentell ermittelte Energiebedarf von Deutschen Doggen lag deutlich über dem errechneten Wert. Im Gegensatz dazu wurde der tatsächliche Bedarf bei Neufundländerwelpen vor allem in den ersten Lebensmonaten überschätzt. Nach Angaben der Autoren können Bedarfsempfehlungen zur Energieversorgung von Hunden im Wachstum den tatsächlichen Energiebedarf nur sehr grob abschätzen.

Dobenecker et al. (2013) untersuchten die Energieaufnahme von Beagle- und Foxhound-Mischlingswelpen vom Absetzen bis zum Alter von 28 Wochen. Die Energiezufuhr wurde jeden zweiten Tag an das aktuelle Gewicht der Welpen angepasst, sodass sich dieses genau nach den Empfehlungen der GfE (1989) sowie von Meyer und Zentek (1992) entwickelte. Vor allem in den ersten Wochen lag die Energieaufnahme bei beiden Rassen deutlich unterhalb der vom NRC (2006) empfohlenen Energieaufnahme. Die Ursache sehen Dobenecker et al. (2013) darin, dass der Erhaltungsenergiebedarf in den ersten Wochen niedriger liegt als vom NRC (2006) angenommen und erst im weiteren Verlauf des Wachstums ansteigt.

Brenten et al. (2014) untersuchten die Energieaufnahme, das Wachstum und die Körperzusammensetzung von Zwergschnauzern und Labrador-Retrievern, die Rationen mit unterschiedlichen Vitamin-A-Gehalten erhielten. Die Energieaufnahme von Zwergschnauzern bestätigt die Ergebnisse von Dobenecker et al. (2013). Im Alter von 8 bis 15 Wochen war die Energieaufnahme signifikant niedriger als die aktuellen Empfehlungen zur Energieversorgung von Welpen (NRC, 2006). Erst von der 18. bis 23. Woche war die Energieaufnahme signifikant höher als die Empfehlung. Bei der Rasse Labrador-Retriever war die Energieaufnahme nur in der 9. Lebenswoche signifikant niedriger, während sie von der 19. bis 26. Lebenswoche signifikant höher lag als die Empfehlung.

Alexander et al. (2017) untersuchten die Energieaufnahme und das Wachstum von Yorkshire-Terriern. Auch in dieser Studie lag die Energieaufnahme der Welpen deutlich unterhalb der

Empfehlung des NRC (2006). Von der 10. bis 20. Lebenswoche lag die Energieaufnahme signifikant unterhalb der Empfehlung, während sie in den darauffolgenden Lebenswochen mit dieser übereinstimmte.

## 4. PUBLIKATION

Received: 7 February 2019; accepted: 31 July 2019

Article first published online: 17 September 2019

DOI: 10.1111/jpn.13191

Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition © 2019 Blackwell Verlag GmbH

### **Metabolisable energy intake and growth of privately owned growing dogs in comparison with official recommendations on the growth curve and energy supply**

C. Klein, M. Thes, L. F. Böswald, E. Kienzle

Chair of Animal Nutrition and Dietetics, Department of Veterinary Science, Ludwig-Maximilians-University Munich, Germany

**Running head:** Energy intake of puppies

**Keywords:** puppy, young growing dogs, growth curves, energy intake, energy requirement, dogs

#### **Correspondence:**

Prof. Dr. E. Kienzle, Chair of Animal Nutrition and Dietetics, Department of Veterinary Science, Ludwig-Maximilians-University Munich, Schönleutnerstrasse 8, 85764 Oberschleissheim, Germany, Tel.: +49 (0) 89 / 2180 – 78700; Fax: +49 (0) 89 2180 – 78702; Email: kienzle@tiph.vetmed.uni-muenchen.de

**Summary**

The correct assumption of metabolisable energy (ME) requirement is essential for nutrition consultation and diet formulation. In young dogs, too high energy supply can accelerate growth and thus lead to developmental orthopaedic diseases. The aim of the present study was to collect data on ME intake and body weight (BW) development in privately-owned growing dogs in order to compare these data with the current recommendations. Our hypothesis was that the actual ME intake of healthy young dogs would be lower than the actual recommendation. Data of 493 privately-owned puppies (median age at first consultation 21 weeks, median expected mature BW 30 kg) on ME intake, actual and expected mature BW were collected and compared with recommendations of the Society of Nutrition Physiology (GfE, 1989), Meyer and Zentek (1992) and NRC (2006). In 243 dogs there was a follow up. The actual BW did not deviate systematically from the calculated expected BW ( $R^2 = 0.929$ ). ME intake significantly decreased with age ( $p < 0.05$ ) and significantly increased with expected mature BW ( $p < 0.05$ ). There was no significant interaction between these two parameters ( $p > 0.05$ ). Sex had no effect on ME intake ( $p > 0.05$ ). The ME intake of young dogs with a history of skeletal problems or of food allergy did not differ systematically from healthy dogs of similar age and expected mature BW. ME intake was considerably below NRC (2006) recommendations, especially in younger puppies ( $> 8$ –17 weeks: 78 %,  $> 17$ –26 weeks: 83 % of NRC recommendation). A predictive linear equation for ME intake was developed: ME intake (MJ) =  $[1.063 - 0.565 * (\text{actual BW}/\text{expected mature BW})] * \text{actual BW}^{0.75}$



**Introduction**

Data on metabolisable energy (ME) requirements of pet dogs are a highly important precondition for veterinary nutrition consultation. The same is true for correct instructions for use in pet food manufacturing. In the past, it has been demonstrated that adult dogs kept as pet have lower ME requirements than adult laboratory dogs (Thes et al., 2016). For growing dogs, ME requirements have been assessed by the National Research Council (NRC, 2006) with regard to actual body weight (BW) and expected mature BW. Dobenecker, Endres and Kienzle (2013) measured energy intake of laboratory medium sized and large breed puppies growing according to recommendation (Society of Nutrition Physiology, GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; NRC, 2006), and reported a ME intake which was considerably lower than NRC (2006) recommendations during the main growth period. It has been demonstrated repeatedly that a high energy intake in puppies leads to fast growth. This may harm the skeletal development (Hedhammar, Wu & Krook, 1974; Dobenecker, Kienzle, Köstlin & Matis, 1998) but does not necessarily cause increased Body Condition Scores (Dobenecker, 2010). Therefore, it is very important that feeding recommendations for growing dogs are close to their ME requirements. In the present study we collected data on the ME intake, actual BW in relation to expected mature BW and growth of privately-owned growing dogs in order to compare these data with established recommendations.

**Animals, materials and methods**

The retrospective study used data from our nutrition consultation service (Chair of Animal Nutrition and Dietetics, Oberschleissheim, Germany) gathered between 2007 and 2017. The owners of the young dogs asked for a check of the present ration for nutritional adequacy. Owners contacted our nutrition consultation service by phone, fax or e-mail and then filled out a standardised questionnaire as described previously (Thes et al., 2016). General information data, such as breed, age, actual BW, expected mature BW and case history, if appropriate was collected of each case. The expected mature BW was estimated by the BW of the parent of the same sex as the growing dog, which was asked for in the questionnaire. In case of missing information on the parent BW, data were taken from breed standards (Krämer, 2002). The questionnaire asked about type and amount of feeds, including special questions in different wordings on supplements and treats. The amount of all feed items and the BW of the dogs were determined by the owners. After the questionnaire was filled out, a follow-up call clarified open questions. The clients received a written report with results of the actual ration (i. e. data on energy and nutrient supply) and BW evaluation as well as a balanced ration adjustment if necessary. The actual BW of young dogs older than eight weeks (i. e. past the sigmoid part of the growth curve according to Baumbach, 1999; Kaiser, 2003; Riedel, 2008; Marqua, 2009; Spennes, 2009; Schubert, 2010) was compared with the expected BW calculated with log-curves which are given in table 1. The log-curves are based on recommendations of the Society of Nutrition Physiology (GfE, 1989) and Meyer and Zentek (1992). GfE (1989) data on a variety of breeds were originally based on Sierts-Roth (1953). In addition, the BW was compared with Waltham growth charts (Salt et al., 2017).

The recommendation for ME intake was calculated according to NRC (2006):  $ME (MJ) = 0.544 * \text{actual BW}^{0.75} * 3.2 * [e^{(-0.87 * (\text{actual BW} / \text{expected mature BW}))} - 0.1]$  and adapted according to growth and reported previous ME intake. A puppy growing according to growth

curves and consuming 80 % of the recommended ME intake according to NRC (2006) would accordingly get a recommendation of the same ME intake, a puppy growing slower or faster, or being fed less or more would get a recommendation of approximately 5 to 10 % more or less ME than before, respectively. In addition, it was recommended to adjust the ration several times during the growth period to meet the changing requirements. In case of owners complying with this request, ME intake and growth in the period between consultations were known and evaluated. The young dogs were grouped according to expected mature BW as described in table 4, and in three age groups: > 8–17 weeks, > 17–26 weeks and > 26–51 weeks.

Data on 493 dogs were available. In total there were 261 male and 232 female young dogs. There were 101 different breeds (table 2). The majority of the dogs was healthy (table 3). Median age at first consultation was 21 weeks (range 8–51 weeks). Median expected mature weight was 30 kg (range 1.4–90 kg, Chihuahua and Great Dane, respectively). In 243 young dogs one or more follow ups took place.

Statistical analyses were performed with the software Sigma Plot 12.5<sup>TM</sup>. Two groups were compared by student's t-test. To compare more than two groups one-, two- or three-way ANOVA was performed. A Holm-Sidak-test was used as post-hoc test. Linear regressions were calculated between several parameters. P-values < 0.05 were considered significant.

## Results

The actual BW of the growing dogs did not deviate systematically from the expected BW calculated by the equations from table 1 (figure 1). The same was true for those young dogs which were presented a second or third time for adaptation of the ration. In 128 individuals the actual mature BW was available, i. e. they were weighed when adult. On average it amounted to 95 % of the expected mature weight. When compared with the Waltham growth charts (Salt et al., 2017) there was no puppy or young dog showing abnormal growth.

The ME intake of all individuals at first presentation to the nutrition consultation service grouped according to age and expected mature BW is shown in table 4. ME intake significantly decreased with age ( $p < 0.05$ ) and significantly increased with expected mature BW ( $p < 0.05$ ). There was no significant interaction in a two-way ANOVA between these two parameters ( $p > 0.05$ ). There was no systematic deviation of our recommendations for ME intake in the puppies and young dogs with a follow up consultation (table 5) and the ME intake of growing dogs at first consultation (table 4,  $p > 0.05$ ). A three-way ANOVA with the factors expected mature BW group, age group and sex showed significant effects of expected mature BW group ( $p < 0.05$ ) and age group ( $p < 0.05$ ) on ME intake but no significant effect of sex ( $p > 0.05$ ), and no interactions ( $p > 0.05$ ).

There were 101 growing dogs with a history of skeletal problems such as lameness, deviation of limb axes, hip and elbow dysplasia or osteochondrosis dissecans. The actual BW of these dogs did not differ systematically from the expected BW calculated by the equations from table 1 (figure S1), although their median expected mature BW amounted to 40 kg compared to 30 kg in the healthy dogs. There was no significant difference in ME intake between young dogs with skeletal problems and healthy dogs from the same expected mature BW groups and age groups (figure 2,  $p > 0.05$ ). The same was true for individuals with a history of food allergy ( $p > 0.05$ ): There was no significant difference between healthy dogs and dogs with a history

of food allergy in all age and weight groups except for an expected mature BW of  $\geq 27.5$ – $47.5$  kg at the age of  $> 17$ – $26$  weeks. In this group the four dogs with allergy had a significantly lower ME intake than the 35 healthy ones ( $0.54 \pm 0.29$  versus  $0.80 \pm 0.20$  MJ ME/kg BW<sup>0.75</sup>).

The Labrador Retriever was represented with 12.4 % in the study population. There was no difference in ME intake between this breed and growing dogs from other breeds ( $p > 0.05$ ).

## Discussion

The most striking finding of the present study was the BW, and its development in puppies and young dogs presented in our nutrition consultation service. There was no systematic deviation from the recommendations calculated with log curves from table 1. Twenty years ago, 57 % of young dogs presented to our service were growing too fast according to the same growth recommendations as in the present study (Dobenecker et al., 1998). This suggests that our clients are aware about the risks of overfeeding growing dogs and try to avoid them. In this context it should be mentioned that the incidence of obesity in adult dogs is also quite low in our service. However, the demography of our clients does not reflect the general population in Germany. Bergler, Zorn and Kienzle (2007) observed that our clients have above-average income and education and a high interest in preventive health care. Back in the 90ies many patients were referred from the local clinicians to our nutrition consultation service, while later on, clients with young dogs started to approach us on their own interest in order to prevent nutrition related growth disorders. Therefore, it is more likely that this finding does not reflect a general shift of feeding in the population of growing dogs in Germany but rather a shift within our clients towards preventive nutrition consultation. It is quite remarkable how closely the growth of the dogs matches the recommended growth curve (first consultation  $R^2 = 0.929$ , second consultation  $R^2 = 0.932$ , third consultation  $R^2 = 0.921$ , regression line close to  $X = Y$ ). It is unlikely that the clients already used our growth curves given the fact that there is a multitude of growth curves on the internet. The growth curves of GfE (1989) and Meyer and Zentek (1992) used for our nutrition consultation are based on data obtained in post-world-war II Germany from breeders and privately-owned puppies and young dogs by Sierts-Roth (1953) plus some experimental data (see GfE, 1989). At the time of data collection by Sierts-Roth, Germany was a comparatively poor society and most people could not afford to overfeed their growing dogs - it even appears likely that only relatively wealthy people were able to afford

breeding or keeping dogs for pleasure. In children it is a well-known fact that unconstrained growth is a privilege of subpopulations with high parental education and household income both in poor as well as in rich societies (Bielicki, 1986; Owusu, Lartey, De Onis, Onyango & Frongillo, 2004; Wang & Zhang, 2006; Júlíusson et al., 2010; Ogden, Lamb, Carroll & Flegal, 2010). It is tempting to speculate that the same is true for pet dogs. These hypotheses are strengthened when the growth of dogs from more recent field studies with breeders and privately-owned puppies in Germany is compared to our growth curves (Baumbach, 1999; Kaiser, 2003; Riedel, 2008; Marqua, 2009; Spennes, 2009; Schubert, 2010). The majority of the puppies from these studies is heavier than recommended (figure 3) by the growth curves from table 1, regardless of breed.

When the growth curves for dogs were developed in 1989 (GfE) logarithmic adaptations were used. The rationale behind this was that the curves were intended for use mainly after weaning, and at that time point logarithmic curves give a reasonable fit. In addition, the computer capacity to calculate in a more sophisticated manner growth curves from these unevenly distributed data was not available.

The growth of dogs with repeated consultations from the present study was also in agreement with recommendations. We recommend that in underweight or ideal weight puppies the puppies' BW should develop parallel to the corresponding growth curve, in overweight puppies it should develop a bit slower closing up to the growth curve. The excellent agreement between actual BW and recommended BW of the dogs at first and at following consultations suggests that most people manage to keep their dogs growing according to recommendations with the help of correct nutritional advice. The obvious question is whether owners report their young dog's BW correctly. Given the agreement between recommendations at first consultation and the multitude of differing growth curves on the internet and in the popular literature, it is unlikely that this is just an effect of misreported data. In addition, the owners had to pay a

considerable fee for the consultation which motivates them to give correct data on BW. The same is true for nutrition history. A standardised questionnaire is used with questions formulated in a manner to avoid social desirability effects. Supplements are asked for in different wordings explaining what is meant. In addition, most cases are discussed with the owner on the phone. Data are checked for plausibility, and if there are discrepancies the owners were contacted and asked specifically. These methods of obtaining data and calculating ME intake have been used repeatedly and led to plausible results in several previous studies (Dillitzer, Becker & Kienzle, 2011; Thes et al., 2015, 2016), and it is discussed there.

ME intake of privately-owned young dogs agreed with observations of Dobenecker et al. (2013) in laboratory puppies with ideal growth according to the above recommendations up to an age of 18 weeks (figure 4). Thereafter laboratory puppies eat significantly more ME at several time points. The ME intake of privately-owned young dogs was considerably below NRC (2006) recommendations. A two-way ANOVA with the factors age group and expected mature BW group and the ME intake in % of recommendation revealed a significant effect of age group (i. e. overestimate of ME intake according to NRC (2006) requirements was higher in younger puppies) but not of expected mature BW group, and no significant interaction of the influencing factors. This again agrees with the results of Dobenecker et al. (2013) on laboratory puppies. NRC (2006) recommendations overestimated especially the ME intake of younger puppies. Dobenecker et al. (2013) hypothesised that this finding was due to a lower maintenance requirement of younger puppies than presumed by the NRC (2006) resulting from lower activity at this age. This would also explain why there is no difference between pet and laboratory puppies at this age.

For use in nutrition consultation and diet formulation the recommendations on ME intake of growing dogs stated by the NRC (2006) should be re-evaluated. In weaned puppies younger than 6 months the ME intake averages about 80 % of the NRC (2006) recommendation



(> 8–17 weeks: 78 %, > 17–26 weeks: 83 % of NRC recommendation), and in older puppies about 88 % of this recommendation.

Realised growth (actual BW/expected mature BW; x-axis) was plotted against ME intake per kg BW<sup>0.75</sup> on the y-axis (figure 5). The plot suggests a linear relationship between these parameters. It appears that the net result of the increased activity and thus the higher maintenance requirements and the decrease of requirements for growth is a linear decrease of total ME intake per kg metabolic BW with increasing realised growth. There was no systematic effect of expected mature BW. The ME intake of a dog growing according to recommendations can thus be estimated by the regression equation  $y = -0.565 x + 1.063$  (fig. 5). The resulting equation to calculate the absolute ME intake (MJ) =  $[1.063 - 0.565 * (\text{actual BW}/\text{expected mature BW})] * \text{actual BW}^{0.75}$ . It is notable that the individual differences of ME intake are quite high. The same has been observed for laboratory and pet dogs during maintenance (Rainbird & Kienzle, 1990; Thes et al., 2016). For individual ration calculation this problem can be approached by calculating the ME intake before changing the ration to help getting the right starting point of ME intake. It is a challenge for pet food formulation. A complete compound feed is defined as a feedstuff that provides energy and all nutrients in sufficient quantities without causing deficiency or detrimental excess. Given the huge individual differences in ME intake in young dogs with similar realised growth it can be quite challenging to find nutrients/energy ratios that fit for very different energy intakes, especially with nutrients where deficiency and adverse effects are rather close together such as for calcium (NRC, 2006).

In the growing dogs with repeated consultations during the main growth period (i. e. 8–17 weeks of age) we looked at the relationship between ME intake and BW gain per kg BW<sup>0.75</sup>. Dogs with a daily BW gain of 0–10 g/kg BW<sup>0.75</sup> had a ME intake of  $0.77 \pm 0.17$  MJ/kg BW<sup>0.75</sup>/day. Dogs gaining more weight (i. e. 20–30 g/kg BW<sup>0.75</sup>/day) had a higher ME intake ( $0.97 \pm 0.16$  MJ/kg BW<sup>0.75</sup>/day).

## **Conclusion**

Standard growth recommendations (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; NRC, 2006) are useful to control the dog's BW development. The recommendations for ME intake for growth of the NRC (2006) are too high for both laboratory and privately-owned growing dogs. ME intake of privately-owned young dogs growing according to recommendations can be calculated by the following equation:

$$\text{ME intake (MJ)} = [1.063 - 0.565 * (\text{actual BW/expected mature BW})] * \text{actual BW}^{0.75}$$

**References**

- Baumbach, B. (1999). Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Rottweiler. *Doctoral thesis*, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Bergler, R., Zorn N., & Kienzle E. (2007). Experiences and interactions with pet owners in our small animal nutrition consultation practice. 11<sup>th</sup> Conference of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition (ESVCN), Leipzig.
- Bielicki, T. (1986). Physical growth as a measure of the economic well-being of populations: the twentieth century. *Human growth: a comprehensive treatise. Volume 3: Methodology and ecological, genetic and nutritional effects on growth*, 2<sup>nd</sup> ed., New York, Plenum Press, 286-305.
- Dillitzer, N., Becker, N., & Kienzle, E. (2011). Intake of minerals, trace elements and vitamins in bone and raw food rations in adult dogs. *British Journal of Nutrition*, 106(S1), S53-S56. doi:10.1017/S0007114511002765
- Dobenecker, B., Kienzle, E., Köstlin, R., & Matis, U. (1998). Mal- and overnutrition in puppies with or without clinical disorders of skeletal development. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 80(1-5), 76-81.
- Dobenecker, B. (2010). Effect of energy supply on the growth rate of foxhound crossbreds. 14<sup>th</sup> Conference of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition (ESVCN), Zurich, page 79.
- Dobenecker, B., Endres, V., & Kienzle, E. (2013). Energy requirements of puppies of two different breeds for ideal growth from weaning to 28 weeks of age. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 97(1), 190-196. doi:10.1111/j.1439-0396.2011.01257.x
- Hedhammar, A., Wu, F. M., & Krook, L. (1974). Overnutrition and skeletal disease: an experimental study in growing Great Dane dogs. X. Discussion. *Cornell veterinarian*.
- Júlíusson, P. B., Eide, G. E., Roelants, M., Waaler, P. E., Hauspie, R., & Bjerknes, R. (2010). Overweight and obesity in Norwegian children: prevalence and socio-demographic risk factors. *Acta paediatrica*, 99(6), 900-905. doi:10.1111/j.1651-2227.2010.01730.x
- Kaiser, M. (2003). Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Berner Sennenhund. *Doctoral thesis*, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Krämer, E.M., (2002). *Der neue Kosmos Hundeführer*. Kosmos, Stuttgart, Germany.
- Marqua, C. (2009). Untersuchung zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Dobermann. *Doctoral thesis*, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Meyer, H., & Zentek, J. (1992). Influence of various levels of energy intake on development of body weight and skeleton in growing Great Danes. -1. Growth rate and energy requirement. *Journal of Veterinary Medicine, Series A (Germany)*.
- National Research Council (2006). Nutrient Requirements of Dogs and Cats. Washington, DC: *The National Academies Press*.

- Ogden, C. L., Lamb, M. M., Carroll, M. D., & Flegal, K. M. (2010). Obesity and Socioeconomic Status in Children and Adolescents: United States, 2005-2008. NCHS Data Brief. Number 51. *National Center for Health Statistics*.
- Owusu, W. B., Lartey, A., De Onis, M., Onyango, A. W., & Frongillo, E. A. (2004). Factors associated with unconstrained growth among affluent Ghanaian children. *Acta paediatrica*, 93(8), 1115-1119. doi:10.1111/j.1651-2227.2004.tb02726.x
- Rainbird, A. L., & Kienzle, E. (1989). Untersuchungen zum Energiebedarf des Hundes in Abhängigkeit von Rassezugehörigkeit und Alter. *Kleintierpraxis*, 35, 149-158.
- Riedel, P. (2008). Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund. *Doctoral thesis*, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Schubert, D. (2010). Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse West Highland White Terrier. *Doctoral thesis*, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Salt, C., Morris, P. J., German, A. J., Wilson, D., Lund, E. M., Cole, T. J., & Butterwick, R. F. (2017). Growth standard charts for monitoring bodyweight in dogs of different sizes. *PloS one*, 12(9), e0182064.
- Sierts-Roth, U. (1953). *Geburts- und Aufzuchtgewichte von Rassehunden: mit 13 Tabellen*. Zeitschrift für Hundeforschung, Band 20. Verlag Dr. Paul Schöps, Frankfurt am Main, Germany
- Society of Nutrition Physiology (GfE) (1989). *Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Hunde*. DLG Verlag, Frankfurt am Main, Germany.
- Spennes, J. (2009). Untersuchung zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Golden Retriever. *Doctoral thesis*, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Thes, M., Köber, N., Fritz, J., Wendel, F., Dobenecker, B., & Kienzle, E. (2015). Metabolizable energy intake of client-owned adult cats. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 99(6), 1025-1030. doi:10.1111/jpn.12298
- Thes, M., Köber, N., Fritz, J., Wendel, F., Dillitzer, N., Dobenecker, B., & Kienzle, E. (2016). Metabolizable energy intake of client-owned adult dogs. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 100(5), 813-819. doi:10.1111/jpn.12541
- Wang, Y., & Zhang, Q. (2006). Are American children and adolescents of low socioeconomic status at increased risk of obesity? Changes in the association between overweight and family income between 1971 and 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(4), 707-716. doi:10.1093/ajcn/84.4.707

**Table 1:** Equations for growth curves modified after GfE (1989) and Meyer and Zentek (1992), valid from weaning age (8 weeks) to one year.

Expected mature BW (kg)	Growth curve
$\leq 7$	% of expected mature BW = $36.92 \ln(\text{age in weeks}) - 43.57$
$> 7-15$	% of expected mature BW = $36.86 \ln(\text{age in weeks}) - 48.22$
$> 15-27.5$	% of expected mature BW = $39.88 \ln(\text{age in weeks}) - 60.70$
$> 27.5-47.5$	% of expected mature BW = $36.96 \ln(\text{age in weeks}) - 56.18$
$> 47.5$	% of expected mature BW = $36.61 \ln(\text{age in weeks}) - 62.39$

**Table 2:** Breed distribution (% of study population, total n = 493).

<b>Breed group</b>	<b>% (n)</b>
Sheepdogs and Cattle dogs	14 (71)
Pinscher and Schnauzer	3 (13)
Molosser and Mastiffs	22 (108)
Swiss Mountain Dogs	6 (27)
Terriers	3 (16)
Spitz and primitive types	2 (12)
Scent hounds and related breeds	6 (31)
Pointing Dogs	3 (17)
Retrievers-Flushing Dogs-Water Dogs	21 (101)
Companion and Toy Dogs	6 (30)
Sighthounds	3 (15)
Mongrels	10 (48)
Other breeds	1 (4)

**Table 3:** Case history of the puppies evaluated in the study (% of study population, total n = 493).

Case history	% (n)
Healthy	59 (293)
Skeletal diseases	20 (101)
Allergy	12 (57)
Kidney diseases	2 (10)
Urolithiasis	2 (10)
Gastrointestinal diseases	2 (9)
Other	3 (13)

**Table 4:** ME intake of all puppies at first presentation (n = 393), grouped according to age and expected mature BW.

<b>Expected mature BW</b>	<b>&lt; 15 kg<sup>A</sup></b>	<b>≥ 15–27.5 kg<sup>A</sup></b>	<b>≥ 27.5–47.5 kg<sup>AB</sup></b>	<b>≥ 47.5 kg<sup>B</sup></b>
<b>Age</b>	<b>MJ ME/kg BW<sup>0.75</sup> mean ± SD (n)</b>			
<b>8–17 weeks<sup>a</sup></b>	0.82 ± 0.23 (12)	0.83 ± 0.24 (32)	0.89 ± 0.23 (48)	0.94 ± 0.16 (25)
<b>&gt; 17–26 weeks<sup>b</sup></b>	0.63 ± 0.12 (17)	0.71 ± 0.18 (27)	0.77 ± 0.20 (56)	0.80 ± 0.18 (27)
<b>&gt; 26–51 weeks<sup>c</sup></b>	0.58 ± 0.22 (10)	0.57 ± 0.19 (39)	0.60 ± 0.14 (62)	0.70 ± 0.15 (38)

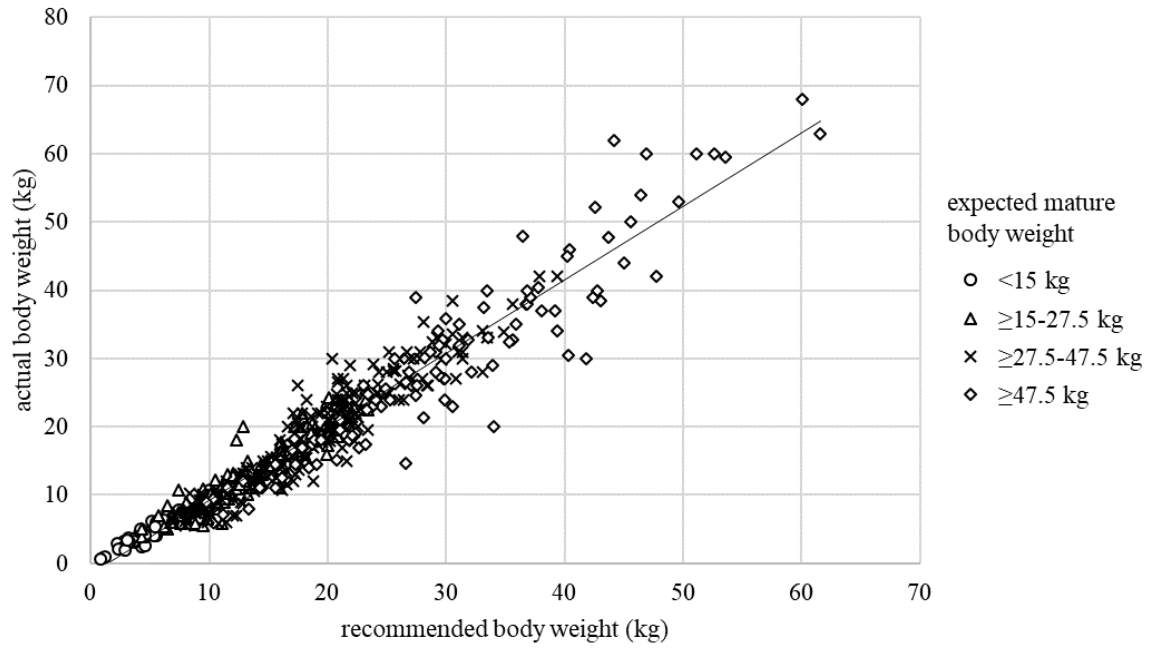
Age/expected mature BW groups not sharing a superscript letter differ significantly (p < 0.05).



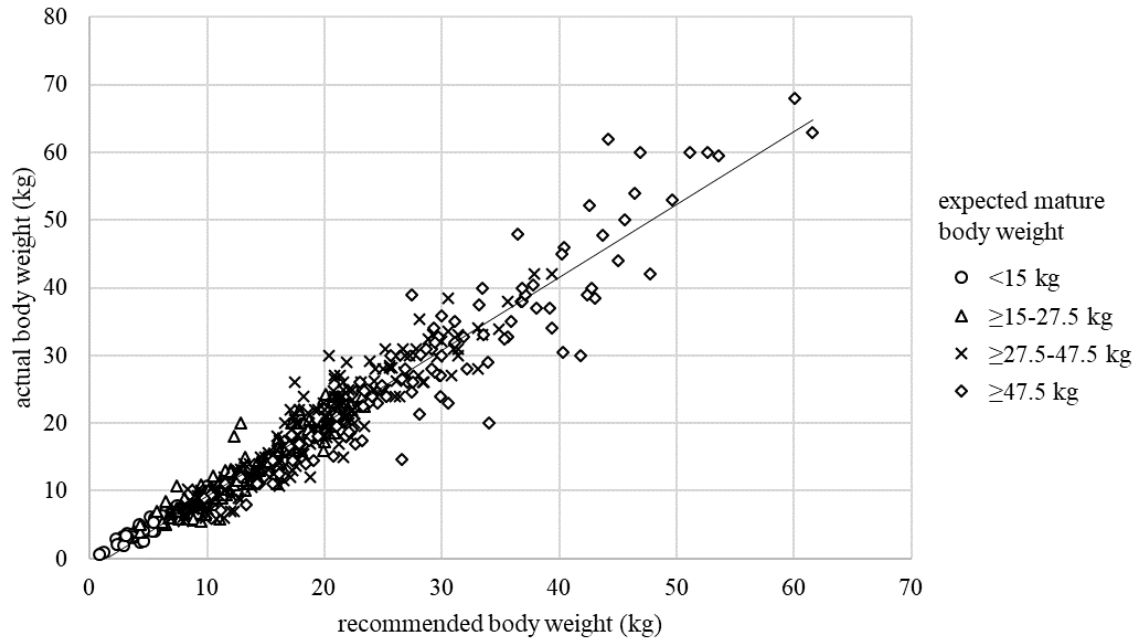
**Table 5:** Recommendation for ME intake at first presentation of puppies with further consultations (n = 243).

<b>Expected mature BW</b>	<b>&lt; 15 kg<sup>A</sup></b>	<b>≥ 15–27.5 kg<sup>A</sup></b>	<b>≥ 27.5–47.5 kg<sup>A</sup></b>	<b>≥ 47.5 kg<sup>A</sup></b>
<b>Age</b>	<b>MJ ME / kg BW<sup>0.75</sup> mean ± SD (n)</b>			
<b>8–17 weeks<sup>a</sup></b>	0.82 ± 0.18 (14)	0.86 ± 0.16 (26)	0.95 ± 0.16 (52)	0.96 ± 0.15 (21)
<b>&gt; 17–26 weeks<sup>b</sup></b>	0.72 ± 0.13 (7)	0.72 ± 0.13 (16)	0.78 ± 0.18 (38)	0.73 ± 0.12 (16)
<b>&gt; 26–51 weeks<sup>c</sup></b>	0.60 ± 0.02 (2)	0.56 ± 0.14 (11)	0.55 ± 0.10 (26)	0.62 ± 0.12 (14)

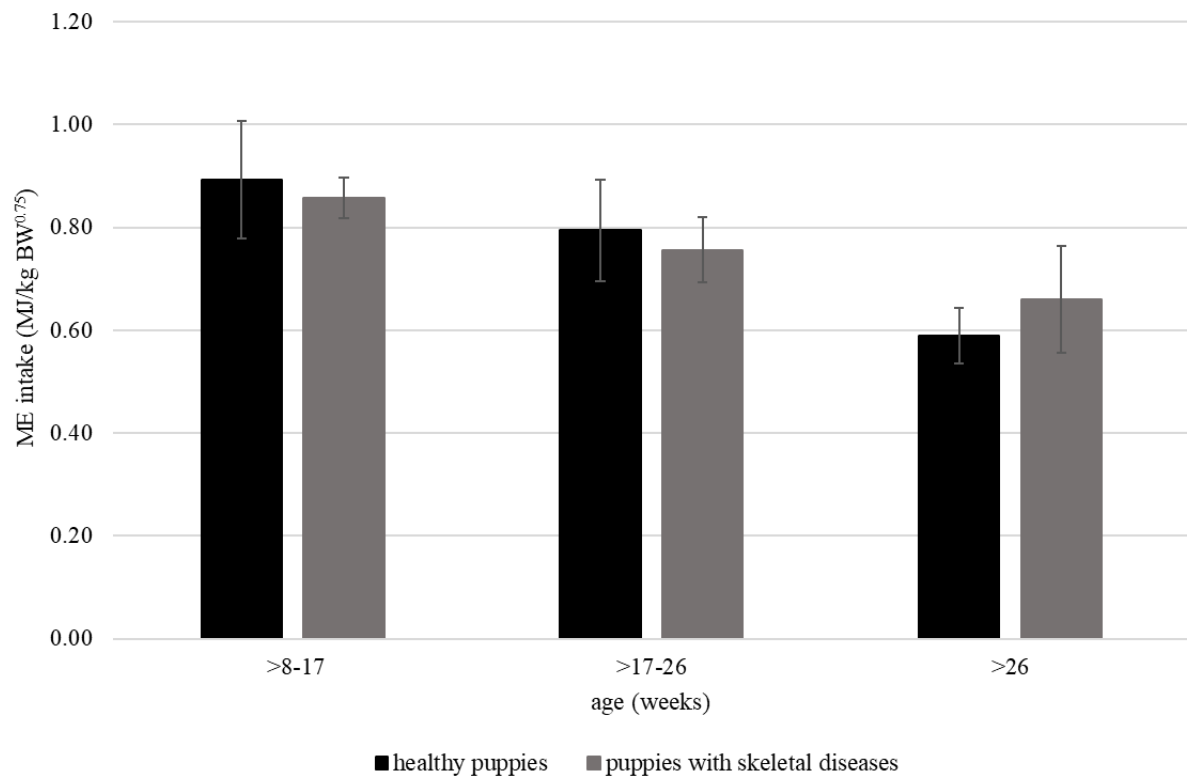
Age/expected mature BW groups not sharing a superscript letter differ significantly (p < 0.05).



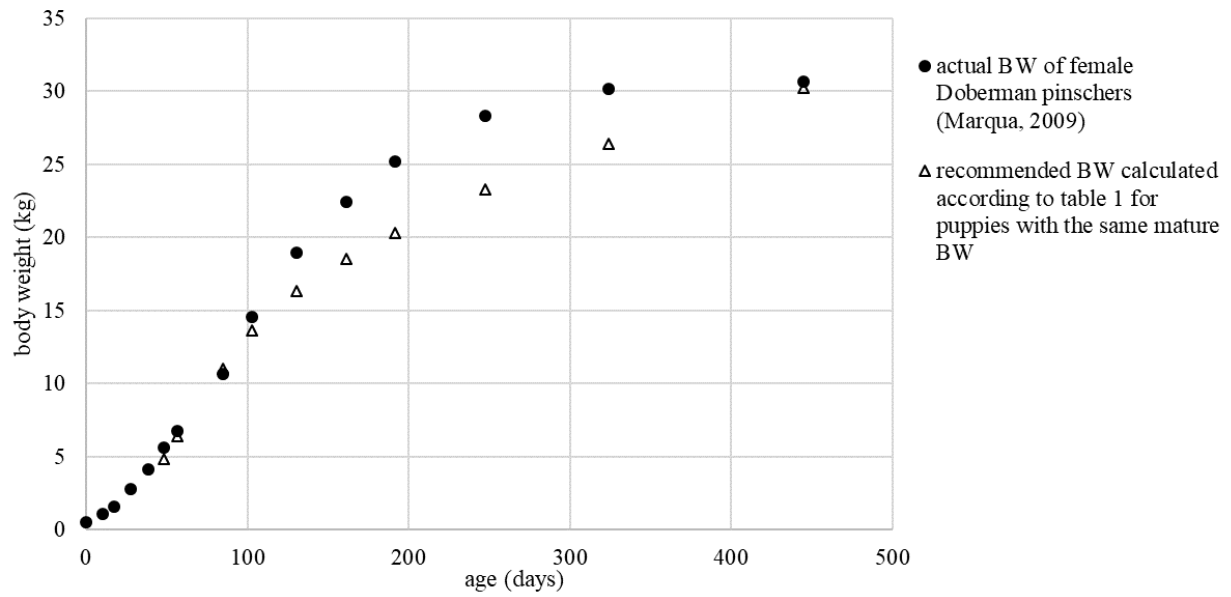
**Figure 1:** Relationship between recommended BW (x; kg) and actual BW (y; kg) at time of first presentation:  $y = 1.077 x - 1.549$ ,  $R^2 = 0.929$ ,  $n = 493$ .



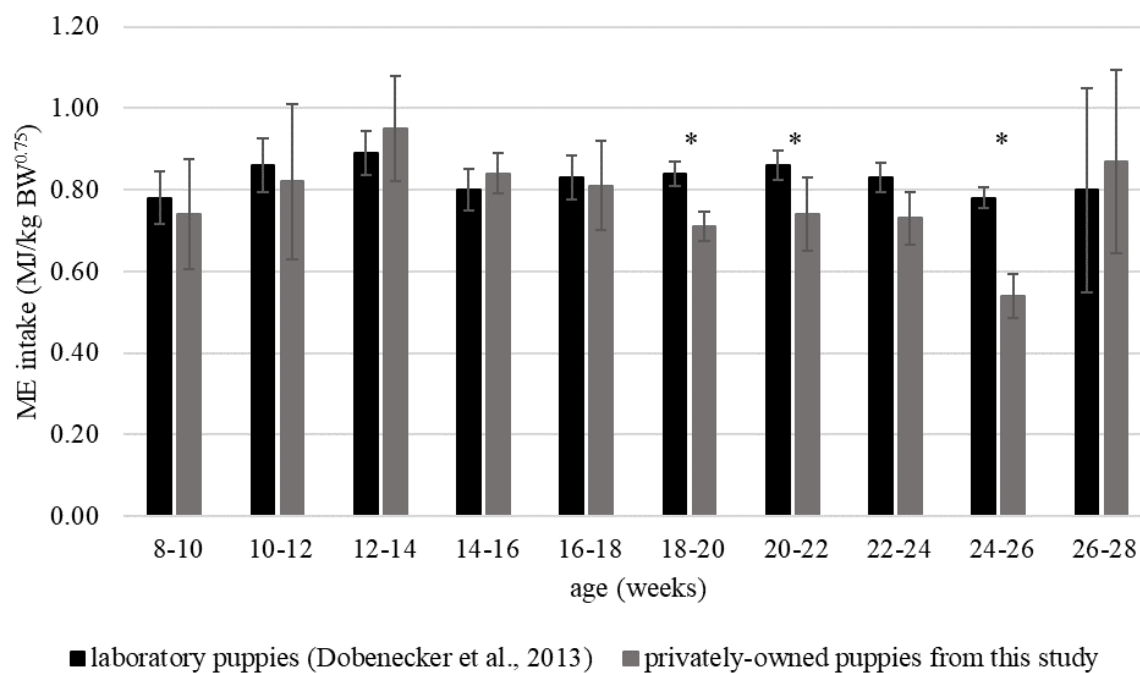
**Figure S1:** Relationship between recommended BW (x; kg) and actual BW (y; kg) at time of first presentation of puppies with skeletal diseases:  $y = 1.129x - 2.208$ ,  $R^2 = 0.914$ ,  $n = 101$ .



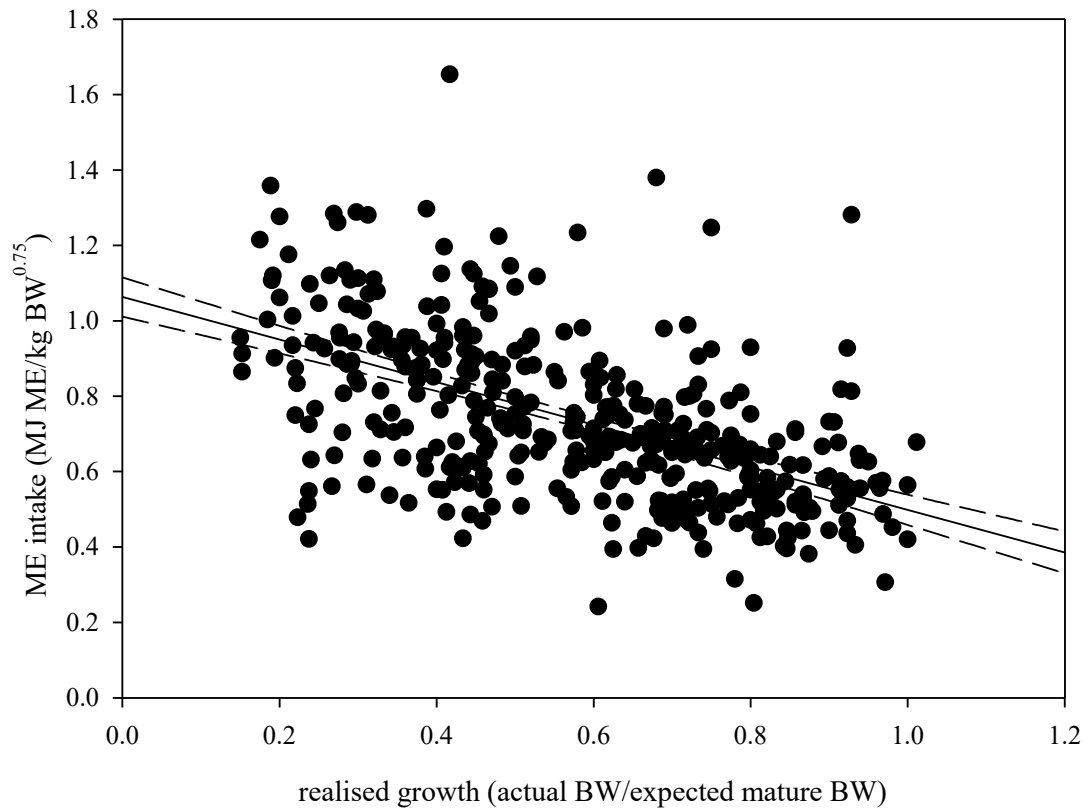
**Figure 2:** ME intake of puppies with an expected mature BW of  $\geq 27.5$ –47.5 kg, with and without skeletal diseases.



**Figure 3:** Actual BW of female Doberman pinschers (Marqua, 2009) compared with recommended BW calculated according to table 1 for puppies with the same mature BW.



**Figure 4:** ME intake of privately-owned puppies compared with ME intake of laboratory puppies (Dobenecker et al., 2013) from the expected mature BW group  $\geq 15$ –27.5 kg. The laboratory puppies showed significantly higher ME intakes at the age of 18–22 and 24–26 weeks ( $p < 0.05$ ).



**Figure 5:** ME intake (y; MJ/kg BW<sup>0.75</sup>) in relation to realised growth (x; actual BW/expected mature BW):  $y = -0.565x + 1.063$ ,  $R^2 = 0.307$ ,  $n = 393$ , broken lines mark the 95 % confidence interval.

## **5. DISKUSSION**

### **5.1. Überlegungen zur Methodik**

#### **5.1.1. Körpermasseentwicklung beim Hund während des Wachstums**

Die Datengewinnung für diese Studie erfolgte über die Auswertung standardisierter Fragebögen der Ernährungsberatung des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik der Ludwig-Maximilians-Universität München. Entsprechend ergeben sich ähnliche Überlegungen wie bereits in früheren Studien, die ebenfalls Daten aus dem standardisierten Fragebogen nutzten (Dillitzer et al., 2011; Thes et al., 2014; Böswald et al., 2018). Der Fragebogen umfasst unter anderem Angaben zum aktuellen Alter, aktuellen Gewicht, erwarteten Endgewicht, Gesundheitsstatus sowie detaillierte Angaben zu den aktuellen Futtermitteln und -mengen. Da die Besitzer der Welpen den Fragebogen eigenständig ausfüllten, war keine Verifizierung des aktuellen Gewichts oder der Abschätzung des erwarteten Endgewichts möglich.

Es besteht die Möglichkeit, dass die Besitzer anstelle des mit der Waage ermittelten Gewichts nur ein geschätztes Gewicht als aktuelles Gewicht im Fragebogen angegeben haben oder dass der Welpen seit der letzten Gewichtsüberprüfung mit der Waage zu- oder abgenommen hat. Da Hundebesitzer allerdings in der Regel an der Gewichtsentwicklung ihres Welpen interessiert sind und Wachstumskurven in der Regel eine wöchentliche Gewichtsüberprüfung vorsehen, ist es unwahrscheinlich, dass das aktuelle Gewicht des Welpen stark von dem im Fragebogen angegebenen Gewicht abweicht. Da das aktuelle Gewicht der Welpen (in kg) zudem von vielen Besitzern mit einer oder sogar zwei Nachkommastellen angegeben wurde, ist es unwahrscheinlich, dass es sich nur um ein geschätztes Gewicht handelte.

Zudem wirken sich die Kosten für die Ernährungsberatung positiv auf die Genauigkeit der Angaben aus – die Leistung wird am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik gemäß der



Gebührenordnung für Tierärzte abgerechnet. Den Besitzern entstehen Kosten im Bereich von 170 bis 200 Euro. Diese Summe ist für die meisten Besitzer nicht unerheblich, und führt dazu, dass sie in der Regel auf einen adäquat ausgefüllten Fragebogen achten, da sie aufgrund der hohen Kosten eine entsprechend hohe Erwartung an die Ernährungsberatung haben. Diese Erwartung kann nur mit einem genauen Gewicht erfüllt werden.

Zusätzlich werden Welpen für gewöhnlich in regelmäßigen Abständen geimpft, wofür die Besitzer einen Tierarzt aufsuchen. Sofern die letzte Impfung kurz zuvor stattgefunden hatte, stand den Besitzern das im Rahmen der Allgemeinuntersuchung ermittelte Gewicht ebenfalls zur Verfügung.

Neben dem aktuellen Körpergewicht ist im Fragebogen auch das Gewicht der Elterntiere des Welpen anzugeben. Um beurteilen zu können, ob die Besitzer das Endgewicht richtig eingeschätzt haben, wurde diese Schätzung bei reinrassigen Welpen mit dem Rassestandard (Krämer, 2002) verglichen. Grundsätzlich sind Rassestandards zwar nicht geeignet, um das Idealgewicht eines individuellen Tieres festzulegen (Smith et al., 2018), in diesem Fall sind sie jedoch ein sinnvolles Werkzeug, um systematische Fehleinschätzungen der Besitzer im Hinblick auf das erwartete Endgewicht zu identifizieren.

Zusätzlich wurde das geschätzte Endgewicht mit den Gewichten der Elterntiere verglichen, sofern diese Informationen vorhanden waren. Lag das geschätzte Endgewicht des Besitzers deutlich außerhalb des Rassestandards, wurde es vor der Durchführung der Ernährungsberatung angepasst. Dabei erfolgte die Orientierung am gleichgeschlechtlichen Elternteil. Im Falle, dass es sich bei einem Welpen um einen Mischling handelte, wurde ebenso vorgegangen.

Von 128 Welpen der aktuellen Studie war das Gewicht des ausgewachsenen Tieres bekannt. Im Durchschnitt lag das tatsächliche Adultgewicht nur durchschnittlich 5 % unter dem im

Fragebogen angegebenen geschätzten Endgewicht. Somit konnte davon ausgegangen werden, dass Besitzer, die eine Ernährungsberatung am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik in Anspruch nahmen, das Endgewicht ihrer Tiere sehr gut beurteilen konnten.

In der Studie von Thes et al. (2016) wurde das vom Besitzer geschätzte Idealgewicht adulter Hunde mit dem Rassestandard (Krämer, 2002) verglichen. Die Besitzer dieser Hunde nahmen ebenfalls die Ernährungsberatung des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik der Ludwig-Maximilians-Universität in Anspruch. Thes et al. (2016) stellten keinen signifikanten Unterschied zwischen den Literaturdaten und den Angaben der Hundebesitzer zum Idealgewicht fest. Eine Verifizierung des Idealgewichts über Body-Condition-Scoring wurde jedoch nicht durchgeführt.

Dass sowohl Hundebesitzer adulter Hunde aus der Studie von Thes et al. (2016) das Idealgewicht ihres Tieres als auch Welpenbesitzer dieser Studie das voraussichtliche Adultgewicht ihres Hundes im Mittel sehr gut beurteilen konnten, könnte unter anderem, wie bereits in der Studie von Thes (2014) beschrieben, auf die Selektion der Klientel zurückgeführt werden. Die Klientel des Lehrstuhls für Tierernährung spiegelt nicht die Gesamtpopulation der Hundehalter in Deutschland wider. Kunden des Lehrstuhls weisen ein überdurchschnittliches Einkommen, eine überdurchschnittliche Bildung sowie ein hohes Interesse an Gesundheitsvorsorge auf (Bergler et al., 2007).

### **5.1.2. Energiebedarf des Hundes während des Wachstums**

Im Fragebogen, den die Besitzer ausfüllten, wurde nach den genauen, aktuellen Futtermengen in Gramm bzw. handelsüblichen Portionsangaben (z. B. ‚1 TL Öl‘, ‚ein mittelgroßer Apfel‘) gefragt. Es besteht die Möglichkeit, dass die Besitzer keine korrekten Angaben zu den Futtermengen sowie den gefütterten Kauartikeln und Belohnungen gemacht haben. In der Studie von Becker et al. (2012a) lieferten die befragten Tierbesitzer erst bei einer zweiten detaillierteren Nachfrage nach Ergänzungen und Belohnungen genaue und vollständige Angaben. Dies wurde im Fragebogen berücksichtigt und es wurde gezielt nach Belohnungen, Trainingssnacks, Kauartikeln, Nahrungsergänzungen für die Gelenke etc. gefragt. Zudem wirken sich die Kosten für die Ernährungsberatung, wie bereits oben in Kapitel 5.1.1. beschrieben, positiv auf die Genauigkeit der Angaben aus. Die hohe Summe, die für die Leistung in Rechnung gestellt wird, führt dazu, dass die Besitzer in der Regel Wert auf einen adäquat ausgefüllten Fragebogen legen. Zusätzlich fand in den meisten Fällen vor der Bearbeitung ein Telefongespräch mit dem Besitzer statt, um Fragen zu klären, die sich aus dem Fragebogen ergeben. Wenn im Fragebogen Unstimmigkeiten der Futtermengen aufgefallen sind, wurden diese vor der Bearbeitung im Rahmen des Telefongesprächs geklärt. Somit ist es unwahrscheinlich, dass in den verwendeten Daten eine systematische Über- bzw. Unterschätzung der Futtermengen durch den Besitzer und somit eine Über- bzw. Unterschätzung der Energieaufnahme stattgefunden hat. Die Methode, einen Fragebogen von Besitzern ausfüllen zu lassen und anhand der angegebenen Futtermengen die Energieaufnahme zu berechnen, wurde in der Vergangenheit bereits öfter angewendet und führte in diesen Studien ebenfalls zu plausiblen und differenzierten Ergebnissen (Dillitzer et al., 2011; Thes et al., 2015, 2016).

Die Berechnung der Energieaufnahme der Welpen erfolgte über die Berechnung der umsetzbaren Energie der verwendeten Futtermittel. Grundlagen hierfür waren

Nährstofftabellen und die Schätzformel für Hundefertigfutter (Kienzle et al., 1998; NRC, 2006). Diese Schätzformel wurde sowohl für Fertigfuttermittel als auch für Einzelfuttermittel angewendet. Wie bereits in der Studie von Thes (2014) beschrieben, besteht die Möglichkeit, dass der Energiegehalt der Einzelfuttermittel und somit der selbstzubereiteten Rationen über- oder unterschätzt wurde. In der Studie von Thes (2014) wurde kein signifikanter Unterschied in der Energieaufnahme von Hunden, die mit Fertigfutter gefüttert wurden, und solchen, die selbstzubereitete Rationen erhielten, gefunden. In der aktuellen Studie unterschied sich die Energieaufnahme von Welpen mit selbstzubereiteten Rationen ebenfalls nicht signifikant von der Energieaufnahme von Welpen derselben Alters- und Gewichtsklasse, die Fertigfutter oder eine Kombination von Fertigfutter und selbstzubereitetem Anteil erhielten. Somit kann davon ausgegangen werden, dass keine generelle Über- oder Unterschätzung der umsetzbaren Energie der Einzelfuttermittel stattgefunden hat.

## **5.2. Besprechung der Ergebnisse**

### **5.2.1. Körpermasseentwicklung beim Hund während des Wachstums**

Das auffallendste Ergebnis der vorliegenden Studie war die Gewichtsentwicklung der Welpen. Das aktuelle Körpergewicht wich nicht systematisch von dem mit den Formeln aus Table 1 in der Publikation (basierend auf GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992) berechneten empfohlenen Gewicht ab. In der Studie von Dobenecker et al. (1998) wurden von 90 wachsenden Hunden dieselben Parameter anhand eines Fragebogens ermittelt wie in der aktuellen Studie. Zur Berechnung des empfohlenen Körpergewichts nutzten Dobenecker et al. (1998) dieselben Formeln, die auch in dieser Studie verwendet wurden (siehe Table 1 in der Publikation basierend auf GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992). Das Körpergewicht von 51 Hunden (57 %) lag in der Studie von Dobenecker et al. (1998) über dem berechneten empfohlenen Körpergewicht. Von 90 Hunden hatten 71 Skelettprobleme (79 %) und wurden aufgrund dieses Vorberichts von Kollegen an die Ernährungsberatung des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik überwiesen. Nur 19 Hunde (21 %) waren in der Studie von Dobenecker et al. (1998) gesund. Die Besitzer dieser gesunden Hunde wandten sich selbstständig an die Ernährungsberatung, da sie ein persönliches Interesse an richtiger Ernährung sowie präventiver Gesundheitsvorsorge hatten. In der aktuellen Studie, ca. 20 Jahre später, wiesen nur 20 % der Hunde Skelettprobleme auf (siehe Table 3 in der Publikation). Immer weniger Tiere des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik wurden von dem behandelnden Tierarzt aufgrund einer vorliegenden Erkrankung überwiesen, vielmehr wandten sich die Besitzer direkt wegen einer Ernährungsberatung für ihren Welpen an den Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik. Das gestiegene Interesse an präventiver Gesundheitsvorsorge für Hunde stellt vermutlich keinen Trend in der gesamten deutschen Bevölkerung dar, sondern lediglich einen innerhalb der Klientel des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik (Bergler et al., 2007).

Betrachtet man die Wachstumskurve eines Welpen vom Zeitpunkt der Geburt bis zum Erreichen des Adultgewichts, stellt sich diese in einer Kurve mit sigmoidem Verlauf dar (Baumbach, 1999; Salomon et al., 1999; Schulze, 2000; Kaiser, 2003; Riedel, 2008; Marqua, 2009; Spennes, 2009; Schubert 2010). Bei der Entwicklung der Wachstumsempfehlung (GfE, 1989) wurde jedoch eine Log-Funktion gewählt. Dies ist möglich, da die Wachstumsempfehlung für die Zeit nach dem Absetzen erstellt wurde. Zu diesem Zeitpunkt ist der Wendepunkt des sigmoiden Wachstumsverlaufs in der Regel bereits erreicht und für das restliche Wachstum stellt der Log-Verlauf eine akkurate Beschreibung dar. Zusätzlich war zu der Zeit der Entwicklung der Wachstumsempfehlung (GfE, 1989) die Computerkapazität noch nicht in der Lage, Wachstumskurven effizienter zu berechnen.

Es ist überraschend, wie gut das aktuelle Gewicht der Hundewelpen mit dem berechneten empfohlenen Gewicht übereinstimmt (erste Beratung  $R^2 = 0,929$ ; zweite Beratung  $R^2 = 0,932$ ; dritte Beratung  $R^2 = 0,921$ ; Regressionsgerade nahezu  $y = x$ ; siehe Figure 1 in der Publikation). Da sich im Internet viele verschiedene Wachstumskurven finden lassen, ist es sehr unwahrscheinlich, dass die Besitzer der Welpen genau die in dieser Studie verwendeten Wachstumskurven bereits vor der Erstberatung nutzten, um die Gewichtsentwicklung ihrer Hunde zu überprüfen und das Wachstum dementsprechend schon vor der Beratung zu beeinflussen.

Die Wachstumskurven (siehe Table 1 in der Publikation basierend auf GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992), die in der Ernährungsberatung des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik verwendet wurden, basieren auf Daten, die in einer Zeit gesammelt wurden, die sowohl den Zweiten Weltkrieg als auch die Nachkriegszeit umfasst (Sierts-Roth, 1953). In dieser Zeit war Deutschland ein vergleichsweise armes Land. Da in dieser Zeit Nahrungs- und Futtermittel knapp bemessen waren, ist es unwahrscheinlich, dass Hunde zur Zeit der Datenerhebung (Sierts-Roth, 1953) mehr Futter als notwendig erhielten und somit mit Energie überversorgt

wurden. Nur wenige Menschen konnten es sich leisten, Hunde zum Vergnügen zu halten. Das Halten sowie das Züchten von Rassehunden waren eher wohlhabenden Personen vorbehalten.

Die aktuellen Wachstumsempfehlungen für Kinder basieren auf einer Vielzahl von Wachstumsdaten von Kindern sowohl aus ärmeren als auch aus reicheren Ländern. Es wurde ausschließlich das Wachstum von Kindern ausgewertet, deren Eltern sowohl ein überdurchschnittliches Bildungsniveau als auch ein überdurchschnittliches Haushaltseinkommen aufwiesen. Es wurde diese Subpopulation an Kindern gewählt, da Kinder von Eltern mit einer entsprechenden Bildung und einem entsprechenden Einkommen angemessen wachsen, also weder an Nahrungsknappheit leiden, noch zu dick werden – unabhängig davon, ob die Gesellschaft, in der sie aufwachsen, arm oder reich ist (Bielicki, 1986; Owusu et al., 2004; Wang & Zhang, 2006; Júlíusson et al., 2010; Ogden et al., 2010).

Kunden des Lehrstuhls für Tierernährung weisen ebenfalls ein überdurchschnittliches Einkommen und eine überdurchschnittliche Bildung sowie ein hohes Interesse an Gesundheitsvorsorge auf (Bergler et al., 2007). Da das aktuelle Gewicht der Welpen in dieser Studie sowohl bei der ersten Beratung als auch den darauffolgenden Beratungen erstaunlich gut mit dem berechneten empfohlenen Gewicht übereinstimmt, ist es wahrscheinlich, dass Menschen, auf die die oben genannten Faktoren zutreffen, sich der Probleme, die sich aus einem zu schnellen Wachstum bei Hundewelpen ergeben können, bewusst sind und sich entsprechend um ein angemessenes Wachstum ihres Welpen bemühen.

Diese Hypothese wird bekräftigt, wenn man neuere Studien zum Wachstum privat gehaltener Welpen in Deutschland betrachtet. Untersucht wurde das postnatale Skelett- und Körpermassewachstum verschiedener Hunderassen (Baumbach, 1999; Salomon et al., 1999; Schulze, 2000; Kaiser, 2003; Riedel, 2008; Marqua, 2009; Spennes, 2009; Schubert, 2010).

Unabhängig von der Rasse nahmen die an diesen Studien beteiligten Hunde schneller zu als die mit den Formeln aus Table 1 in der Publikation (basierend auf GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992) berechnete empfohlene Gewichtsentwicklung (siehe Figure 3 in der Publikation) dies empfiehlt. Die Hunde dieser Studien wurden als Welpen vom Züchter an verschiedene Privatbesitzer abgegeben, während der gesamten Wachstumsphase begleitet und regelmäßig kostenlos vermessen.



### **5.2.2. Energiebedarf des Hundes während des Wachstums**

Die Energieaufnahme von privat gehaltenen Welpen dieser Studie unterscheidet sich bis zum Alter von 18 Wochen nicht signifikant von der Energieaufnahme von wachsenden Laborhunden der Studie von Dobenecker et al. (2013). Erst im Alter von 18 bis 22 und 24 bis 26 Wochen zeigten die wachsenden Laborhunde eine signifikant höhere Energieaufnahme. Bei adulten Hunden konnte in der Vergangenheit gezeigt werden, dass Laborhunde häufig eine überdurchschnittlich hohe Energieaufnahme aufweisen (Rainbird & Kienzle, 1990; Finke, 1991). Dies kann zum einen auf die Haltung in der Gruppe und eine dadurch höhere Spontanaktivität als auch auf eine Haltung im Freien und einen dadurch höheren Energieverbrauch zur Aufrechterhaltung der Körpertemperatur zurückgeführt werden (Durrer & Hannon, 1962; Finke, 1991; Burger, 1994; Meyer & Zentek, 2010; Gerth 2016). Es ist möglich, dass diese Unterschiede sich bei den wachsenden Hunden ab dem Alter von 18 Wochen widerspiegeln, wenn die Spontanaktivität eine größere Rolle spielt und bei Privathunden der Besitzer die Möglichkeit zur Aktivität maßgeblich beeinflusst. Um dies zu bestätigen, ist ein Vergleich der Energieaufnahme zwischen Laborhunden und privat gehaltenen Hunden zu späteren Zeitpunkten notwendig.

Die Energieversorgungsempfehlung (NRC, 2006; GfE, 1989) wurde vor allem bei den jüngeren Welpen unabhängig vom erwarteten Endgewicht überschätzt. In der Studie von Dobenecker et al. (2013) führten die Autoren den Unterschied in der Energieaufnahme und Energieempfehlung auf einen niedrigeren Erhaltungsbedarf in den ersten Lebensmonaten zurück. Diese Hypothese wird durch die Ergebnisse der vorliegenden Studie bekräftigt, da auch die privat gehaltenen Welpen eine deutlich niedrigere Energieaufnahme als empfohlen aufwiesen.

Auch die Ergebnisse der Studie von Brenten et al. (2014) und Alexander et al. (2017) zeigten eine niedrigere Energieversorgung zu verschiedenen Zeitpunkten bei den Rassen Labrador-Retriever, Zwergschnauzer und Yorkshire-Terrier als vom NRC (2006) empfohlen.

Die Ergebnisse all dieser Studien legen nahe, dass die gegenwärtigen Empfehlungen zur Energieversorgung von wachsenden Hunden vor allem für jüngere Welpen zu hoch angesetzt sind und entsprechend reduziert werden müssen.

In der aktuellen Studie wurde das bereits erreichte Gewicht in Relation zum erwarteten Endgewicht (aktuelles Gewicht/erwartetes Endgewicht) mit der Energieaufnahme korreliert. Die dabei entstehende Regressionsgerade zeigt eine lineare Beziehung zwischen diesen zwei Faktoren (siehe Figure 5 in der Publikation). Die Energieaufnahme eines Welpen, dessen Gewicht sich entsprechend der Empfehlung (siehe Table 1 in der Publikation basierend auf GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992) entwickelt, kann folgenderweise berechnet werden:

$$\text{ME-Aufnahme (MJ)} = [1,063 - 0,565 * (\text{aktuelle KM/erwartetes Endgewicht})] * \text{KM}_a^{0,75}$$

Die Grafik (Figure 5 in der Publikation) zeigt jedoch auch, dass große individuelle Unterschiede in der Energieaufnahme zwischen einzelnen Tieren bestehen. Große individuelle Unterschiede in der Energieaufnahme wurden bereits bei erwachsenen Hunden im Erhaltungsstoffwechsel beschrieben (Rainbird & Kienzle, 1990; Thes et al., 2016). Diese individuellen Unterschiede in der Energieaufnahme müssen entsprechend berücksichtigt werden. In der individuellen Ernährungsberatung ist dies einfach umzusetzen, indem die aktuelle Energieversorgung eines Welpen berechnet und als Ausgangsbasis für die Rationsanpassungen verwendet wird. Zusätzlich wird das aktuelle Gewicht des Welpen mit der Wachstumsempfehlung (Table 1 in der Publikation basierend auf GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992) verglichen. Entspricht das aktuelle Gewicht der Empfehlung, kann die aktuelle Energieversorgung in der Empfehlung beibehalten werden. Liegt das aktuelle Gewicht

ober- oder unterhalb der Gewichtsempfehlung, sollte die Energieversorgung reduziert bzw. erhöht werden.

Schwieriger gestaltet sich für Hersteller von Alleinfuttermittel für wachsende Hunde die Berücksichtigung der großen individuellen Unterschiede beim Energiebedarf. Ein Alleinfuttermittel sollte bei einer durchschnittlichen Energieaufnahme alle Nährstoffe in bedarfsdeckender Menge zur Verfügung stellen. Aufgrund der hohen individuellen Unterschiede im Energiebedarf ist es nicht möglich, mit einem Futtermittel alle wachsenden Hunde bedarfsdeckend zu versorgen. Dies stellt eine große Herausforderung für Futtermittelhersteller dar, entsprechende Produkte mit unterschiedlichen Nährstoff-Energie-Verhältnissen zu konzipieren, um Welpen mit verschiedenen Energieaufnahmen bedarfsdeckend mit allen wichtigen Nährstoffen zu versorgen, insbesondere mit solchen, deren Über- bzw. Unterversorgung kritisch ist (z. B. Calcium). Auch für Verbraucher gestaltet sich der Informationshinweis schwierig. Ein Futtermittelhersteller muss genau erklären, wann welches Produkt eingesetzt werden soll. Da die Gewichtsentwicklung eines Welpen ein ausschlaggebendes Kriterium für die Wahl des geeigneten Futtermittels darstellt, sollte ein Futtermittelhersteller dem Verbraucher eine Wachstumskurve zur Überprüfung der Gewichtsentwicklung zur Verfügung stellen. Entwickelt sich das Gewicht des Welpen mit der empfohlenen Futtermenge eines Produkts entsprechend der Empfehlung zur Gewichtsentwicklung (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992), kann das Produkt beibehalten werden. Entwickelt sich das Gewicht des Welpen nicht entsprechend der Empfehlung zur Gewichtsentwicklung, muss die Futtermenge reduziert bzw. erhöht werden. Hier ist ein Hinweis für den Verbraucher erforderlich, mit welcher Futtermenge eine bedarfsdeckende Versorgung ohne kritische Über-/Unterversorgung noch gewährleistet ist.

Entwickelt sich das Gewicht des Welpen mit der unteren Angabe der Futtermengenempfehlung weiterhin zu schnell (Gewicht oberhalb der Wachstumskurve), muss der Verbraucher den

Hinweis erhalten, dass ein Wechsel auf ein Alleinfuttermittel für wachsende Hunde mit weiterem Nährstoff-Energie-Verhältnis notwendig ist. Im umgekehrten Fall – wenn sich das Gewicht des Welpen mit der oberen Angabe der Futtermengenempfehlung weiterhin zu langsam entwickelt oder der Welpe sogar abnimmt (Gewicht unterhalb der Wachstumskurve) – muss ein Produkt mit engerem Nährstoff-Energie-Verhältnis gewählt werden. Da der Platz für diese Hinweise auf einer Futtermittelverpackung voraussichtlich nicht ausreicht, muss ein Futtermittelhersteller hier gegebenenfalls auf digitale Medien (Website, App) zurückgreifen, um den Verbraucher umfassend informieren zu können.

## 6. ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden retrospektiven Studie wurden Daten zur Energieaufnahme und Entwicklung der Körpermasse (KM) von privat gehaltenen Hunden während des Wachstums gesammelt, um diese mit den aktuellen Empfehlungen zur Energieaufnahme (National Research Council, NRC, 2006) und Gewichtsentwicklung (Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; NRC, 2006) zu vergleichen. Die Datenerhebung erfolgte anhand von Rationsberechnungen des Lehrstuhls für Tierernährung und Diätetik der Ludwig-Maximilians-Universität München, durchgeführt in den Jahren 2007 bis 2017. Die Hundebesitzer füllten für die kostenpflichtige Rationsberechnung einen standardisierten Fragebogen aus, der unter anderem Angaben zu aktuellem Gewicht, geschätztem erwarteten Endgewicht sowie den aktuell gefütterten Futtermengen erfragte.

Daten von 493 privat gehaltenen Welpen und Junghunden standen zur Verfügung. Das mittlere Alter zum Zeitpunkt der ersten Konsultation betrug 21 Wochen (8–51 Wochen), das mittlere geschätzte Adultgewicht lag bei 30 kg (1,4–90 kg). Die Einteilung der wachsenden Hunde erfolgte in vier Gewichts- und drei Altersklassen (Gewichtsklassen: < 15 kg; ≥ 15–27,5 kg; ≥ 27,5–47,5 kg; ≥ 47,5 kg; Altersklassen: 8–17 Wochen; > 17–26 Wochen; > 26–51 Wochen). In 243 Fällen kamen die Besitzer der Empfehlung nach, die Ration im Laufe des Wachstums anpassen zu lassen. Somit waren in diesen Fällen sowohl die Energieaufnahme als auch die Gewichtsentwicklung zwischen mindestens zwei Konsultationen bekannt und konnten ausgewertet werden. Der Großteil der Welpen war gesund (59 %, n = 293). Die Welpen und Junghunde dieser Studie gehörten 101 verschiedenen Hunderassen an, nur 10 % (n = 48) waren Mischlinge. Der Labrador-Retriever war mit 12,4 % (n = 61) am häufigsten in dieser Studie vertreten.

Der Gehalt an umsetzbarer Energie (ME) der Futtermittel wurde anhand üblicher Schätzformeln (Kienzle et al., 1998; NRC, 2006) berechnet.

Das aktuelle Gewicht der Welpen und der Junghunde wich zum Zeitpunkt der ersten Konsultation nicht systematisch von dem, nach GfE (1989) sowie Meyer und Zentek (1992) berechneten empfohlenen Gewicht ab ( $R^2 = 0,929$ ; Regressionsgerade nahezu  $y = x$ ). Dies traf auch auf das Gewicht der wachsenden Hunde bei darauffolgenden Konsultationen zu (2. Konsultation:  $R^2 = 0,932$ ; 3. Konsultation:  $R^2 = 0,921$ ; Regressionsgerade nahezu  $y = x$ ).

Von 128 Hunden war das tatsächliche Adultgewicht bekannt. Im Durchschnitt lag dieses 5 % unterhalb des vom Besitzer im Fragebogen angegebenen geschätzten Endgewichts.

Die Energieaufnahme der Welpen und der Junghunde wurde auf die metabolische Körpermasse bezogen ( $\text{MJ ME/kg KM}^{0,75}$ ). Sie reduzierte sich signifikant mit zunehmendem Alter ( $p < 0,05$ ) und stieg signifikant mit zunehmendem erwarteten Endgewicht ( $p < 0,05$ ). Zwischen diesen Parametern bestand keine Interaktion ( $p > 0,05$ ). Das Geschlecht hatte keinen Einfluss auf die Energieaufnahme ( $p > 0,05$ ).

Das aktuelle Gewicht der Welpen mit Skelettproblemen (20 %,  $n = 101$ ) wich nicht von dem, nach GfE (1989) sowie Meyer und Zentek (1992) berechneten, empfohlenen Gewicht ab. Jedoch wiesen die Welpen mit Skelettproblemen im Gegensatz zu den gesunden Tieren ein höheres geschätztes Adultgewicht von durchschnittlich 40 kg auf (gesund: 30 kg). Die Energieaufnahme der Welpen mit Skelettproblemen unterschied sich nicht signifikant von der Energieaufnahme gesunder Tiere ( $p > 0,05$ ). Im Fragebogen wurde von den Besitzern als zweit häufigste gesundheitliche Einschränkung eine Futtermittelallergie/-unverträglichkeit genannt (12 %,  $n = 57$ ). Die Energieaufnahme dieser Tiere unterschied sich ebenfalls nicht signifikant von der Energieaufnahme gesunder Tiere ( $p > 0,05$ ).

Die Energieaufnahme der Rasse Labrador-Retriever, die am häufigsten in dieser Studie vertreten war, unterschied sich nicht signifikant von der Energieaufnahme anderer Hunderassen ( $p > 0,05$ ).

Die Energieaufnahme der privat gehaltenen Welpen und Junghunde dieser Studie lag vor allem bei jüngeren Tieren deutlich unterhalb der aktuellen Empfehlung zur Energieversorgung ( $> 8$ – $17$  Wochen:  $78\%$ ,  $> 17$ – $26$  Wochen:  $83\%$  der Empfehlung nach NRC, 2006).

Eine lineare Gleichung zur Berechnung der Energieaufnahme wurde entwickelt:  
ME-Aufnahme (MJ) =  $[1,063 - 0,563 * (\text{aktuelles KM/erwartetes Endgewicht})] * \text{KM}_a^{0,75}$

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass die aktuellen Empfehlungen zur Gewichtsentwicklung (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; NRC, 2006) im Gegensatz zur Energieversorgungsempfehlung (GfE, 1989; NRC, 2006), ein sinnvolles Werkzeug sind, um die Gewichtsentwicklung eines wachsenden Hundes beurteilen zu können. Diese Wachstumsempfehlungen sollten weiterhin in der tierärztlichen Praxis Verwendung finden. Da die Gewichtsentwicklung eines Welpen ein ausschlaggebendes Kriterium für die zu verabreichende Futtermenge darstellt, sollten die aktuellen Empfehlungen zur Gewichtsentwicklung (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; NRC, 2006) ebenfalls von Futtermittelherstellern verwendet werden, um dem Verbraucher eine bessere Empfehlung zur Verwendung des geeigneten Futtermittels geben zu können.

## 7. SUMMARY

### **Metabolisable energy intake and growth of privately owned growing dogs in comparison with official recommendations on the growth curve and energy supply**

In this retrospective study, data regarding the energy intake and body weight (BW) development of privately owned puppies and growing dogs were collected and compared with current recommendations on energy supply (National Research Council, NRC, 2006) and BW development (Society of Nutrition Physiology, GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992; NRC, 2006). The data collection process was based on ration calculations made by the nutrition consultation service of the Chair of Animal Nutrition and Dietetics at the Ludwig-Maximilians-Universität München, carried out from 2007 to 2017. Dog owners filled out a standardized questionnaire to complete the fee-based ration calculation, which included information about the dogs' current BW and expected mature BW, as well as the type and amount of feeds they are currently consuming.

Data were collected from 493 privately owned puppies and growing dogs. The mean age at the time of first consultation was 21 weeks, with a range of 8–51 weeks. The mean expected mature BW was 30 kg, with a range of 1.4–90 kg. The puppies were grouped into four BW groups and three age groups. The BW groups were: < 15 kg,  $\geq 15$ –27.5 kg,  $\geq 27.5$ –47.5 kg,  $\geq 47.5$  kg, and the age groups were: 8–17 weeks, > 17–26 weeks and > 26–51 weeks. In 243 cases, one or more follow-up consultations took place, so the energy intake and BW development between the consultations was known and could be evaluated. The majority of the dogs were healthy (59 %, n = 293). The puppies and young dogs included in this study belonged to 101 different dog breeds and only 10 % (n = 48) were cross-bred dogs. The Labrador Retriever was the most common breed in this study, making up 12.4 % (n = 61) of the sample.



The metabolisable energy content (ME) of the feed items was calculated according to standard predictive equations (Kienzle et al., 1998; NRC, 2006).

The current BW of the growing dogs did not deviate systematically from the recommended BW ( $R^2 = 0.929$ , regression line close to  $y=x$ ) as calculated according to GfE (1989) and Meyer and Zentek (1992). The same was true for young dogs that were presented a second or third time to re-adjust the recommended ration (2<sup>nd</sup> consultation:  $R^2 = 0.932$ , 3<sup>rd</sup> consultation:  $R^2 = 0.921$ , regression line close to  $y = x$ ).

For 128 dogs, a precise measurement of mature BW was available. On average, it was equal to 95 % of expected mature BW.

Metabolisable energy intake was calculated based on metabolic BW ( $\text{MJ ME/kg BW}^{0.75}$ ). It decreased significantly with age ( $p < 0.05$ ) and increased significantly with expected mature BW ( $p < 0.05$ ). There was no significant interaction between these two parameters ( $p > 0.05$ ). Sex had no effect on ME intake ( $p > 0.05$ ).

The BW of puppies with a history of skeletal problems (20 %,  $n = 101$ ) did not differ systematically from their expected BW calculated according to GfE (1989) and Meyer and Zentek (1992). However, it was evident that larger dogs were more often affected than their smaller counterparts: the median expected mature BW of dogs with skeletal problems was 40 kg as compared with 30 kg in healthy dogs. There was no significant difference in ME intake between young dogs with skeletal problems and healthy dogs of the same age and expected mature BW. In the questionnaire, the owners named feed allergy or feed intolerance as the second most common health restriction shown by their pets (12 %,  $n = 57$ ). The ME intake of these animals also did not differ significantly from the ME intake of healthy animals ( $p > 0.05$ ).

The ME intake of Labrador Retrievers, which are most heavily-represented breed in this study, did not differ significantly from that of other dog breeds ( $p > 0.05$ ).

The privately owned puppies and young dogs examined in this study exhibited an ME intake considerably below current recommendations, especially in younger puppies. In dogs aged > 8–17 weeks, ME intake was 78 % of NRC (2006) recommendation and in dogs aged > 17–26 weeks it was 83 % of the recommendation (NRC, 2006).

A predictive linear equation was developed to model ME intake:  
$$\text{ME intake (MJ)} = [1.063 - 0.565 * (\text{actual BW/expected mature BW})] * \text{actual BW}^{0.75}$$

The results of this study demonstrate that the current recommendations for BW development (GfE, 1989; Meyer & Zentek, 1992) are a useful tool for assessing the BW development of a growing dog, in contrast with the recommendations for energy supply (GfE, 1989; NRC, 2006). Therefore, these growth recommendations should be used in veterinary practice.

Energy supply, and therefore the appropriate amount of feed per day, needs to be adjusted according to BW development in growing dogs. Thus, pet food manufacturers should use the BW development recommendations made by GfE (1989) and Meyer and Zentek (1992) to create feeding guidelines.

## 8. LITERATURVERZEICHNIS

- Alexander, J. E., Colyer, A., Morris, P. J., 2017. Energy requirements for growth in the Yorkshire terrier. *Journal of nutritional science*, Volume 6.
- Anderson, H. D., Elvehjem, C. A., Gonce Jr, J. E., 1939. Vitamin E Deficiency in Dogs. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 42(3), 750–755.
- Arnold, A., Elvehjem, C. A., 1939. Nutritional requirements of dogs. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 95, 187–194.
- Baumbach, B., 1999. Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Rottweiler. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Becker, N., Dillitzer, N., Sauter-Louis, C., Kienzle, E., 2012a. Fütterung von Hunden und Katzen in Deutschland. *Tierärztliche Praxis Kleintiere*, Nr. 6.
- Becker, N., Kienzle, E., Dobenecker, B., 2012b. Kalziummangel-bei wachsenden und ausgewachsenen Hunden ein Problem. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere*, 40(02), 135–139.
- Bergler, R., Zorn N., Kienzle E., 2007. Experiences and interactions with pet owners in our small animal nutrition consultation practice. *Proceedings des 11. ESVCN Congress*, Leipzig, Deutschland.
- Bielicki, T., 1986. Physical growth as a measure of the economic well-being of populations: the twentieth century. *Human growth: a comprehensive treatise*. Volume 3: Methodology and ecological, genetic and nutritional effects on growth, 286–305, 2. Auflage, Plenum Press, New York, USA.

- Blanchard, G., Grandjean, D., & Paragon, B. M., 1998. Calculation of a dietary plan for puppies. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 80(1–5), 54–59.
- Blaza, S. E., Burger, I. H., Holme, D. W., Kendall, P. T., 1982. Sulfur-containing amino acid requirements of growing dogs. *The Journal of nutrition*, 112(11), 2033–2042.
- Böswald, L. F., Kienzle, E., Dobenecker, B., 2018. Observation about phosphorus and protein supply in cats and dogs prior to the diagnosis of chronic kidney disease. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102, 31–36.
- Brenten, T., Morris, P. J., Salt, C., Raila, J., Kohn, B., Brunnberg, L., Schweigert F. J., Zentek, J., 2014. Energy intake, growth rate and body composition of young Labrador Retrievers and Miniature Schnauzers fed different dietary levels of vitamin A. *British Journal of Nutrition*, 111(12), 2104–2111.
- Burger, I. H., 1994. Energy needs of companion animals: matching food intakes to requirements throughout the life cycle. *The Journal of nutrition*, 124, 2584–2593.
- Cho, D. Y., Frey, R. A., Guffy, M. M., Leipold, H. W., 1975. Hypervitaminosis A in the dog. *American Journal of Veterinary Research*, 36, 1597–1603.
- Dämmrich, K., 1991. Relationship between nutrition and bone growth in large and giant dogs. *The Journal of nutrition*, 121, 114–121.
- Dillitzer, N., Becker, N., Kienzle, E., 2011. Intake of minerals, trace elements and vitamins in bone and raw food rations in adult dogs. *British Journal of Nutrition*, 106(S1), 53–56.
- Dobenecker, B., Kienzle, E., Köstlin, R., Matis, U., 1998. Mal- and overnutrition in puppies with or without clinical disorders of skeletal development. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 80(1–5), 76–81.

- Dobenecker, B., 2010. Effect of energy supply on the growth rate of foxhound crossbreds. Proceedings des 14. ESVCN Congress, Zürich, Schweiz.
- Dobenecker, B., Endres, V., & Kienzle, E., 2013. Energy requirements of puppies of two different breeds for ideal growth from weaning to 28 weeks of age. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 97(1), 190–196.
- Durrer, J. L., Hannon, J. P., 1962. Seasonal variations in caloric intake of dogs living in an arctic environment. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 202(2), 375–378.
- Finke, M. D., 1991. Evaluation of the energy requirements of adult kennel dogs. *The Journal of nutrition*, 121, 22–28.
- Gerth, N., Dobenecker, B., 2016. Husbandry matters: activity monitoring in dogs kept privately or in trial animal facilities. Proceedings des 20. ESVCN Congress, Berlin, Deutschland.
- Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (GfE), 1989. Empfehlungen zur Energie- und Nährstoffversorgung der Hunde. DLG-Verlag GmbH, Frankfurt am Main, Deutschland.
- Gessert, C. F., Phillips, P. H., 1956. Protein in the nutrition of the growing dog. *The Journal of nutrition*, 58(3), 415–421.
- Hawthorne, A. J., Booles, D., Nugent, P. A., Gettinby, G., Wilkinson, J., 2004. Body-weight changes during growth in puppies of different breeds. *The Journal of nutrition*, 134(8), 2027–2030.
- Hazewinkel, H. A. W., 1985. Influences of chronic calcium excess on the skeletal development of growing Great Danes. *Journal of the American Animal Hospital Association*, 21, 377–391.

- Hazewinkel, H. A., Van Den Brom, W. E., Van'T Klooster, A. T., Voorhout, G., Van Wees, A., 1991. Calcium metabolism in Great Dane dogs fed diets with various calcium and phosphorus levels. *The Journal of nutrition*, 121, 99–106.
- Hedhammar, A., Wu, F. M., Krook, L., 1974. Overnutrition and skeletal disease: an experimental study in growing Great Dane dogs. X. Discussion. *Cornell veterinarian*.
- Hedhammar, A., 1996. Nutrition related orthopaedic diseases. *BSAVA Manual of companion animal nutrition and feeding*, Iowa State University Press, 198–206
- Hendricks, J. B., Morgan, A. F., Freytag, R. M., 1947. Chronic moderate hypervitaminosis D in young dogs. *American Journal of Physiology-Legacy Content*, 149(2), 319–332.
- Jenkins, K. J., Phillips, U. P., 1960. The Mineral Requirements of the Dog: I. Phosphorus Requirement and Availability. *The Journal of nutrition*, 70(2), 235–240.
- Júlfusson, P. B., Eide, G. E., Roelants, M., Waaler, P. E., Hauspie, R., Bjerknes, R., 2010. Overweight and obesity in Norwegian children: prevalence and socio-demographic risk factors. *Acta paediatrica*, 99(6), 900–905.
- Kaiser, M., 2003. Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Berner Sennenhund. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Kienzle, E., Meyer, H., Lohrie, H., 1985. Einfluß kohlenhydratfreier Rationen mit unterschiedlichen Protein/Energierelationen auf fötale Entwicklung und Vitalität von Welpen sowie die Milchzusammensetzung von Hündinnen. Untersuchungen zum Energie- und Nährstoffbedarf von Zuchthündinnen und Saugwelpen, 73–99.

- Kienzle, E., Opitz, B., Earle, K. E., Smith, P. M., Maskell, I. E., Iben, C., 1998. The development of an improved method of predicting the energy content in prepared dog and cat food. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 79(1–5), 69–79.
- Kölle, P., Jacobs, S., Klesty, C., Bringewatt, W., Kienzle, E., 2006. Kalziumunterversorgung eines Hundewelpen durch Fütterung eines kalziumreduzierten Welpenalleinfutters. *Tierärztliche Praxis Ausgabe K: Kleintiere/Heimtiere*, 34(02), 104–107.
- Krämer, E.M., 2002. *Der neue Kosmos Hundeführer*. Kosmos Verlag, Stuttgart, Deutschland.
- Laflamme, D. P., 2000. Effect of breed size on calcium requirements for puppies. *Compendium on Continuing Education for the Practicing Veterinarian*, 23(9), 66–69.
- Lavelle, R. B., 1989. The effects of the overfeeding of a balanced complete commercial diet to a group of growing Great Danes. *Waltham Symposium 7, Nutrition of the dog and cat*, 303–315.
- Liu, C. H., McCay, C. M., 1953. Studies of calcium metabolism in dogs. *Journal of gerontology*, 8, 264–271.
- Mabee, D. M., Morgan, A. F., 1951. Evaluation by Dog Growth of Egg Yolk Protein and Six other Partially Purified Proteins, some after Heat Treatment: Four Figures. *The Journal of nutrition*, 43(2), 261–279.
- Marqua, C., 2009. Untersuchung zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Dobermann. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.

- Meyer, H., Dammers, C., Kienzle, E., 1985. Körperzusammensetzung neugeborener Welpen und Nährstoffbedarf tragender Hündinnen. *Advances in Animal Physiology and Animal Nutrition*, 16, 7–25.
- Meyer, H., Zentek, J., 1992. Über den Einfluß einer unterschiedlichen Energieversorgung wachsender Doggen auf Körpermasse und Skelettentwicklung: 1. Mitteilung: Körpermasseentwicklung und Energiebedarf. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 39(1–10), 130–141.
- Meyer, H., Zentek, J., 2010. Ernährung des Hundes: Grundlagen-Fütterung-Diätetik. Enke Verlag, Stuttgart, Deutschland.
- Morgan, A. F., Shimotori, N., 1943. The Absorption and Retention by Dogs of Single Massive Doses of Various Forms of Vitamin D. *Journal of Biological Chemistry*, 147(1), 189–200.
- Nap, R. C., Hazewinkel, H. A., van den Brom, W. E., 1993.  $^{45}\text{Ca}$  kinetics in growing miniature poodles challenged by four different dietary levels of calcium. *The Journal of nutrition*, 123(11), 1826–1833.
- National Research Council (NRC), 2006. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Academy Press, Washington D. C.
- Ogden, C. L., Lamb, M. M., Carroll, M. D., Flegal, K. M., 2010. Obesity and Socioeconomic Status in Children and Adolescents: United States, 2005-2008. NCHS Data Brief. Number 51. National Center for Health Statistics.
- Owusu, W. B., Lartey, A., De Onis, M., Onyango, A. W., Frongillo, E. A., 2004. Factors associated with unconstrained growth among affluent Ghanaian children. *Acta paediatrica*, 93(8), 1115–1119.



- Rainbird, A., Kienzle, E., 1990. Studies on the energy requirement of dogs depending on breed and age. *Kleintierpraxis*, 35(4), 149–158.
- Riedel, P., 2008. Untersuchungen zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Deutscher Schäferhund. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Romsos, D. R., Belo, P. S., Bennink, M. R., Bergen, W. G., Leveille, G. A., 1976. Effects of dietary carbohydrate, fat and protein on growth, body composition and blood metabolite levels in the dog. *The Journal of nutrition*, 106(10), 1452–1464.
- Salomon, F. V., Schulze, A., Arnold, U., Gericke, A., Gille, U., 1999. Das postnatale Wachstum des Skeletts und der Körpermasse beim Beagle. *Anatomia, Histologia, Embryologia*, 28(4), 221–228.
- Salt, C., Morris, P. J., German, A. J., Wilson, D., Lund, E. M., Cole, T. J., Butterwick, R. F., 2017. Growth standard charts for monitoring bodyweight in dogs of different sizes. *PloS one*, 12(9), e0182064.
- Schubert, D., 2010. Untersuchungen zum postnatalen Skelett-und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse West Highland White Terrier. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Schulze, A., Ritscher, D., Salomon F.-V., 1997. Das Körpermassewachstum der Deutschen Dogge. *Kleintierpraxis*, 42, 967–972.
- Schulze, A., 2000. Untersuchungen zum postnatalen Skelett-und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Deutsche Dogge. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.

- Schroeder, G. E., Smith, G. A., 1994. Food intake and growth of German Shepherd puppies. *Journal of Small Animal Practice*, 35(11), 587–591.
- Sheng, H. P., Huggins, R. A., 1971. Growth of the beagle: changes in chemical composition. *Growth*, 35(4), 369–376.
- Sierts-Roth, U., 1953. Geburts- und Aufzuchtgewichte von Rassehunden: mit 13 Tabellen. *Zeitschrift für Hundeforschung*, Dr. Paul Schöps Verlag, Frankfurt am Main, Deutschland.
- Smith, E. G., Davis, K., Sulsh, L., Harvey, S. C., Fowler, K. E., 2018. Canine recommended breed weight ranges are not a good predictor of an ideal body condition score. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 102(4), 1088–1090.
- Spennes, J., 2009. Untersuchung zum postnatalen Skelett- und Körpermassewachstum von Hunden der Rasse Golden Retriever. Dissertation, Veterinärmedizinische Fakultät, Universität Leipzig.
- Thes C. M., 2014. Retrospektive Studie zum Energiebedarf von privat gehaltenen Hunden und Katzen im Erhaltungsstoffwechsel. Dissertation, Lehrstuhl für Tierernährung, LMU München.
- Thes, M., Köber, N., Fritz, J., Wendel, F., Dobenecker, B., Kienzle, E., 2015. Metabolizable energy intake of client-owned adult cats. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 99(6), 1025–1030.
- Thes, M., Köber, N., Fritz, J., Wendel, F., Dillitzer, N., Dobenecker, B., Kienzle, E., 2016. Metabolizable energy intake of client-owned adult dogs. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 100(5), 813–819.

- Voorhout, G., Hazewinkel, H. A., 1987. A radiographic study on the development of the antebrachium in Great Dane pups on different calcium intakes. *Veterinary Radiology*, 28(5), 152–157.
- Wang, Y., Zhang, Q., 2006. Are American children and adolescents of low socioeconomic status at increased risk of obesity? Changes in the association between overweight and family income between 1971 and 2002. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 84(4), 707–716.
- Zentek, J., Meyer, H., Dämmrich, K., 1995. Über den Einfluß einer unterschiedlichen Energieversorgung wachsender Doggen auf Körpermasse-und Skelettentwicklung. 3. Mitteilung: Klinisches Bild und chemische Skelettuntersuchungen. *Journal of Veterinary Medicine Series A*, 42(1–10), 69–80.

### 9. DANKSAGUNG

Zuallererst möchte ich mich herzlich bei Frau Prof. Dr. Ellen Kienzle für die Überlassung dieses interessanten sowie praxisnahen Themas bedanken. Ich danke Ihnen für Ihre zuverlässige wissenschaftliche Betreuung und Ihre hilfsbereite Unterstützung bei der Anfertigung dieser Arbeit. Vielen Dank, dass Sie an mich und meine Fähigkeiten geglaubt haben.

Ebenfalls möchte ich mich bei Frau Dr. Dobenecker für die jederzeit gerne gewährte Hilfe bedanken. Danke, dass Du immer ein offenes Ohr für mich hast.

Ein besonderer Dank gilt meiner Kollegin Dr. Linda Böswald für die großartige Unterstützung bei der Korrektur der Arbeit, die konstruktive Kritik sowie die vielen Denkanstöße. Ich danke Dir für die schöne gemeinsame Zeit, die vielen beruflichen, aber auch privaten Gespräche und die gegenseitige Unterstützung im Arbeitsalltag.

Ich bedanke mich bei allen weiteren Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl für Tierernährung und Diätetik für ihre Geduld, die wunderbare Arbeitsatmosphäre und den gegenseitigen Halt. Ich danke Euch vor allem auch für die gemütlichen Mittagspausen und Feierabendveranstaltungen, die eine schöne Abwechslung zum beruflichen Alltag darstellen.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, für das Korrekturlesen, die Erholung und die Abwechslung an Wochenenden und Feiertagen und das Hundesitten. Ich danke Euch für den bedingungslosen Rückhalt und dafür, dass ich immer große Unterstützung in allen Lebenslagen von Euch erfahren darf. Danke, dass Ihr mir in vielem die richtige Einstellung mit auf den Weg gegeben habt.

Mein besonderer Dank gilt meinem Ehemann Andreas für seine Geduld und Mithilfe, ohne die die Vollendung dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre. Danke, dass du immer für mich da bist.